

Projekt Procesowy

Instalacja do nakładania NanoTitanium IP 1000 na panele szklane metodą dyspersyjną

Spis treści

1. Opis projektu
2. Podstawy prawne
3. Klasyfikacja przestrzeni zagrożonej wybuchem
 - 3.1. Strefy zagrożenia wybuchem
4. Założenia projektowe
5. Proces technologiczny
6. Obliczenia
7. Schemat technologiczny
8. Procedura prowadzenia procesu

1 Opis projektu

Niniejszy projekt procesowy został sporządzony na podstawie prac badawczych przeprowadzonych przez firmę Amepox Sp. Z.O.O. mieszczącej się przy ulicy Jaracza 6 w Łodzi. Wyniki badań przeprowadzonych przez firmę Amepox zostały wykorzystane do oceny ilościowych i jakościowych i ilościowych w zależności między parametrami prowadzenia procesu i szeroko rozumianą jakością produktu końcowego. Badania procesu pokrywania warstwą hydrofobową wykonano dla roztworu zawierającego tlenek tytanu o nazwie NanoTitanium IP 1000. Ze względu bezpieczeństwa pracy zastosowano rozpuszczalnik alkohol isopropanol 96%. Z opisu karty charakterystyki zastosowanego roztworu, to przede wszystkim rozpuszczalnik isopropanol jest zagrożeniem w projektowanej instalacji. Substancja ta z godnie z danymi zawartymi w karcie charakterystyki powoduje Xi- substancja drażniąca; F- substancja wysoce łatwopalna; R11- substancja wysoce łatwopalna; R36- działa drażniąco na oczy; R67- pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy. W celu wyeliminowania poszczególnych zagrożeń na etapie projektowania instalacji, należało zastosować wytyczne zawarte w Dyrektywa 94/9/WE tzw. ATEX 100a. W dokumencie tym, zawarte wymagania dotyczą projektowania i wytwarzania produktów, które mogą być wprowadzane do obrotu i oddawane do użytku tylko wtedy, gdy przy prawidłowym zainstalowaniu, konserwowaniu oraz użytkowaniu zgodnym z przeznaczeniem nie będą stwarzały zagrożenia dla otoczenia. Dyrektywa 94/9/WE dotyczy urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem oraz aparatury zabezpieczającej, sterującej i regulacyjnej, przeznaczonej do użytku na zewnątrz przestrzeni zagrożonych wybuchem, która jest wymagana lub przyczynia się do bezpiecznego funkcjonowania urządzeń i systemów ochronnych wobec zagrożeń wybuchowych.

W niniejszym projekcie zaprojektowano instalację do pokrywania powierzchni szkła wytwarzanych okien w firmie REM II Sp. z o. o., koloidem o nazwie handlowej NanoTitanium IP 1000. Zastosowana substancja charakteryzuje się przede wszystkim właściwościami hydrofobowymi i samoczyszczącymi. Opracowana metoda nakładania cienkiej warstwy Tlenku tytanu wpływa w znaczący sposób na walory estetyczne okien.

Będąca przedmiotem projektowania i rozważań niniejszego projektu procesowego, zaprojektowana instalacja jest jednym z wariantów prowadzenia procesu jednoczesnego pokrywania powierzchni szklanej z jednoczesnym suszeniem w trakcie pracy linii produkcyjnej. Dużą zaletą zaprojektowanej instalacji, to zdolność do samodzielnego funkcjonowania na linii produkcyjnej umożliwiającej przygotowywanie paneli szklanych do powlekania warstwą produktu NanoTitanium IP 1000, nie zależnie od już istniejącej infrastruktury produkcyjnej.

Podobną funkcjonalność i efekty końcowe można uzyskać stosując inne rozwiązania i urządzenia, lecz należy zaznaczyć, iż wybrany wariant procesowy umożliwia prowadzenie ww. procesów w sposób szybki i bezpieczny w szerokim zakresie zmienności parametrów, przy stosunkowo niewielkich kosztach inwestycyjnych i eksploatacyjnych.

2 Podstawy prawne

Obowiązek zapewnienia bezpieczeństwa na stanowisku pracy to najważniejsze zadanie spoczywające na pracodawcy. Osoba zatrudniająca pracowników, aby sprostać temu zadaniu musi zorganizować pracę tak, by była ona wykonywana w higienicznych warunkach oraz nie stanowiła zagrożenia dla zdrowia i życia osób pracujących. Informacje dotyczące aspektów, na które pracodawca powinien zwrócić szczególną uwagę można znaleźć w kodeksie pracy w dziale X dotyczącym bezpieczeństwa i higieny pracy. Poza odpowiednim sposobem organizacji pracy, pracodawca powinien przyczynić się do tego, by w zakładzie pracy przestrzegane były przepisy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy. Kolejną, niezwykle ważną kwestią jest informowanie pracowników o zagrożeniach występujących w zakładzie pracy oraz sposobie postępowania w przypadku mogących pojawić się awarii. Na stanowisku pracy mogą występować różnego rodzaju zagrożenia. Jest to związane ze stosowaniem różnorodnych substancji, narzędzi, maszyn, a także odmiennością procesów pracy. Oznacza to konieczność dostosowania sposobów zapobiegania oraz postępowania w przypadku awarii do konkretnych rodzajów zagrożeń. W związku z powyższym, jeśli spektrum zagrożeń jest szerokie, również zakres wymagań w zakresie bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia pracowników musi być obszerny. Jedną z ważniejszych dyrektyw szczegółowych jest *Dyrektywa 1999/92/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1999 r. w sprawie minimalnych wymagań*

dotyczących bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych na stanowiskach pracy, na których może wystąpić atmosfera wybuchowa . Z uwagi na obszerną nazwę dyrektywy powszechnie odnosząc się do jej treści używa się skrótu ATEX 137. Pierwsza część skrótu, a więc wyraz ATEX został utworzony poprzez połączenie dwóch pierwszych liter wyrazów tworzących zwrot Atmospheres Explosibles, pochodzący z języka francuskiego. Liczba 137 została dopisana do skrótu ATEX z uwagi na fakt przyjęcia opisywanej dyrektywy przez Parlament Europejski i Radę na podstawie artykułu 137 Traktatu Amsterdamskiego.

Požary i wybuchy nie są najczęstszymi przyczynami wypadków przy pracy lecz konsekwencje jakie niosą za sobą tego rodzaju wypadki mogą być katastroficzne. Z uwagi na ten fakt wspomniana wyżej dyrektywa, odnosząca się do atmosfer wybuchowych, które mogą wystąpić na stanowiskach pracy, jest niezwykle istotna . Jest ona skierowana głównie do pracodawców i pracowników.

W Polsce implementację dyrektyw ATEX 137 oraz ATEX 95 stanowią Rozporządzenia Ministra Gospodarki kolejno z dnia 8 lipca 2010r oraz 22 grudnia 2005r. Kwestia zabezpieczenia budynków oraz innych terenów przed wybuchem została także omówiona w *Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów*. W tym akcie prawnym omówiono między innymi prace, których wykonywanie stwarza niebezpieczeństwo pożaru i wybuchu. W Polsce stosowanie norm nie jest obowiązkowe, jednakże dobrą praktyką inżynierską jest ich znajomość i stosowanie się do ich wytycznych.

Jedną z takich norm jest *PN-EN 1127-1: 2009 Atmosfery wybuchowe- Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem- Pojęcia podstawowe i metodyka* . Norma ta zwraca przede wszystkim uwagę na opis podstawowych pojęć związanych z tematyką wybuchu oraz wyszczególnia metody zapobiegania takiemu zjawisku. W jej treści opisane zostały takie aspekty jak: identyfikacja zagrożeń, elementy oceny ryzyka, eliminacja i redukcja poziomu ryzyka.

Istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jest określenie wpływu stosowanej substancji (Nanotitanium IP 1000) na stanowisku pracy oraz procesach produkcyjnych. Nie wiedza w zakresie możliwości występowania potencjalnej emisji w trakcie użytkowaniu instalacji, może stać się powodem powstania pożaru lub wybuchu. Dla tego istotne jest aby w

trakcie projektowania przeanalizować wszystkie możliwe warianty wystąpienia awarii na skutek nieszczęśliwego zdarzenia jak i umyślnego uszkodzenia instalacji.

Załącznik I dyrektywy ATEX 137 podaje sposób klasyfikacji przestrzeni, w których może dojść do wybuchu. Przy dokonywaniu podziału na odpowiednio oznaczone strefy brane są pod uwagę dwa główne parametry: prawdopodobieństwo występowania atmosfery wybuchowej oraz czas jej trwania. Dokładny opis każdej ze stref znajdzie się w dalszej części pracy. W sytuacji, gdy atmosfery wybuchowe mogą wystąpić w ilościach, które zagrażają bezpieczeństwu osób w nich przebywających, pracodawca w celu ostrzeżenia umieszcza odpowiednie oznakowanie tych miejsc. Znak ostrzegawczy informujący o tego typu zagrożeniu musi być elementem trójkątnym z czarnym obramowaniem. Wewnątrz zaś wypełnienie trójkąta ma mieć kolor żółty, zajmujący co najmniej 50% powierzchni całego znaku. Dodatkowe wymaganie to umieszczenie na żółtym tle dwuliterowego oznaczenia „Ex”.

3 Klasyfikacja przestrzeni zagrożonych wybuchem

W przypadku, gdy w miejscu pracy występują przestrzenie zagrożone wybuchem, a więc miejsca gdzie może wystąpić atmosfera wybuchowa w ilościach stwarzających zagrożenie, wówczas pracodawca jest zobowiązany do szczegółowego zapoznania się z tymi przestrzeniami oraz do podjęcia działań w kierunku ich odpowiedniej klasyfikacji. Podział ten ma być narzędziem pomocnym przy ustalaniu środków ochronnych, jakie należy zastosować w poszczególnych strefach w celu zapewnienia bezpieczeństwa w miejscu pracy.

3.1 Strefy zagrożenia wybuchem

W rozporządzeniu z 7 czerwca 2010r. dotyczącym ochrony przeciwpożarowej budynków zawarto informację określającą, kiedy należy wyznaczać strefy zagrożenia wybuchem. Następuje to, gdy spełniony jest warunek występowania w danym pomieszczeniu atmosfery wybuchowej, której objętość stanowi co najmniej $0,01\text{m}^3$ w zwartej przestrzeni. W oparciu o wytyczne z projektu, pracodawca dokonuje klasyfikacji kierując się wytycznymi rozporządzenia implementującego dyrektywę ATEX 137 do prawa polskiego lub też posługując się Polskimi Normami. W dokumentach tych znajdzie on podział przestrzeni zagrożonych wybuchem na strefy (trzy w odniesieniu do gazów, par i mgieł oraz trzy w odniesieniu do obłoków pyłu), co zostało przedstawione w poniższej tabeli 1.

Tabela 1. Klasyfikacja stref zagrożenia wybuchem

Strefa zagrożenia wybuchem	Kryteria klasyfikacji
Strefa 0	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, występuje stale, często lub przez długie okresy”
Strefa 1	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania”
Strefa 2	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia utrzymuje się przez krótki okres”
Strefa 20	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu występuje stale, często lub przez długie okresy”
Strefa 21	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania”
Strefa 22	„przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa w postaci obłoku palnego pyłu w powietrzu nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia utrzymuje się przez krótki okres”

4 Identyfikacja zagrożenia

Zastosowana substancja o nazwie handlowej NanoTitaium IP 1000 oparta w 99,8 % na izopropanolu zaliczana jest do substancji łatwo palnych i wymaga i wymaga dokonania identyfikacji zagrożenia dla człowieka i środowiska.

Identyfikacja zagrożeń:

R11 – preparat wysoce łatwopalny

R36 - działa drażniąco na oczy

R67 - pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy

Pary mogą wywoływać uczucie senności i zawroty głowy. Powtarzające się narażenie może powodować wysuszenie lub pękanie skóry. W przypadku kontaktu z oczami występuje efekt drażniący.

Objawy przedmiotowe i podmiotowe :

Objawy przedmiotowe i podmiotowe podrażnienia oczu obejmują wrażenie pieczenia, zaczerwienienie, obrzęk i/lub spadek ostrości widzenia.

Objawy przedmiotowe i podmiotowe odłuszczonego zapalenia skóry mogą obejmować wrażenie pieczenia i/lub suchy/popękany wygląd skóry. W przypadku bezpośredniego narażenia należy niezwłocznie opuścić strefę w której następuje zagrożenie poparzenie, zatrucia, pożaru, wybuchu i zgłosić się do najbliższego szpitala lub placówki medycznej. W tabeli 2. przedstawiono wartości graniczne ekspozycji w miejscu pracy. Pełna identyfikacja zagrożeń została opisana w karcie charakterystyki produktu NanoTitanium IP 1000. Zawarte informacje w niniejszym opracowaniu mają charakter informacyjny

Tabela. 2. Wartości graniczne ekspozycji w miejscu pracy.

Material	Źródło	Typ	g/m ³
NanoTitanium IP 100		NDS	900
		NDSCH	1,200

Ze względu na niską temperaturę zapłonu ok 12 °C, użyty produkt NanoTitanium IP 1000, charakteryzuje się wysoką łatwopalnością (F). Prawidłowy, technicznie i ekonomicznie uzasadniony dobór urządzeń i wykonanie instalacji elektrycznych w sposób adekwatny do zagrożenia wybuchem przestrzeni obniża koszty inwestycji, ułatwia eksploatację i przede wszystkim zwiększa bezpieczeństwo przeciwpożarowe obiektu i bezpieczeństwo ludzi. Zgodnie z wytycznymi Atex 100a dla par alkoholu Izopropanolowego możemy stwierdzić, że mamy występowanie strefy 2 (rozdział 3.1). W tym celu należy ograniczyć ilość substancji łatwopalnej w obszarze hali technologicznej poprzez określenie minimalnej ilości substancji potrzebnej do pokrycia przewidzianej ilości okien w ciągu 8h pracy.

4.1 Podstawy z zakresy bezpieczeństwa przeciw wybuchowego

Podział wybuchów w zależności od rodzaju atmosfery wybuchowej to nie jedyna klasyfikacja. Wybuchy dzieli się także na chemiczne, które charakteryzują się nagłym wydzielaniem energii cieplnej oraz fizyczne, gdzie źródłem energii jest zjawisko fizyczne. W celu wyeliminowania zagrożenia wybuchem należy dokonać identyfikacji źródeł zapłonu, wielkości emisji i czasu emisji.

Bezpieczeństwo przeciwwybuchowe polega przede wszystkim na:

- 1) Wyeliminowanie lub ograniczenie powstawania mieszanin wybuchowych izopropanolu z powietrzem w przestrzeni roboczej hali produkcyjnej
- 2) Przeprowadzeniu klasyfikacji przestrzeni zagrożonych wybuchem do odpowiednich stref zagrożenia, adekwatnych do spodziewanego niebezpieczeństwa, jeżeli nie jest możliwe wyeliminowanie lub ograniczenie powstawania mieszanin wybuchowych Izoopropanolu z tlenem z powietrza.
- 3) Dobraniu urządzeń elektrycznych, technologicznych, ochronnych itp. wykonaniu odpowiadającym wymaganiom odnośnie do poszczególnych stref zagrożenia wybuchem, zastosowanie urządzeń w wykonaniu EEX i EX.
- 4) Zabezpieczeniu urządzeń technologicznych i instalacji przed wyładowaniami elektryczności statycznej,

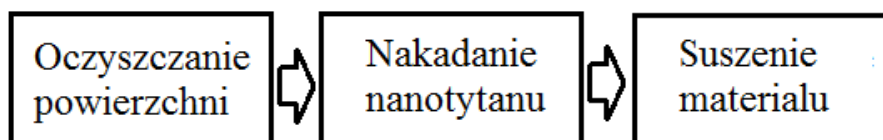
Zasadnicze wymagania w stosunku do urządzeń grupy II

Urządzenia grupy II kategorii 1, 2 i 3 tak się projektuje i wytwarza, aby w przypadku zagrożenia wybuchem mieszanin gazów palnych i par cieczy palnych z powietrzem ich wewnętrzne źródła zapalenia nie uaktywniły się nawet podczas częstych ich zakłóceń czy też uszkodzeń.

Urządzenia grupy II kategorii 1, 2 i 3, których powierzchnie w czasie pracy może się nagrzewać powinny być wyposażone w zabezpieczenia zapewniające, że nawet w najbardziej niekorzystnych warunkach nie zostanie przekroczona maksymalna dopuszczalna temperatura tych powierzchni dla stosowanej substancji. Powinno się także uwzględniać przyrosty temperatury wynikające z akumulacji ciepła na skutek pracy urządzeń mechanicznych. Ważne jest aby instalacja elektryczna była tak zabezpieczona aby nie powodowała iskrzenia czy też wytwarzała indukcję ładunek indukcyjny. W przypadku gdy nastąpi niekontrolowany przyrost ciśnienia w instalacji, należy tak dobrać zawór bezpieczeństwa aby nie spowodować defragmentacji instalacji na skutek wybuchu fizycznego lub chemicznego.

5 Opis technologiczny

Proces technologiczny nakładania cienkiej warstwy tlenku tytanu w procesie półciągłym, opiera się na trzech operacjach jednostkowych opisanych i przedstawionych na schemacie Rys.1.



Rys. 1. Schemat blokowy przedstawiający poszczególne etapy prowadzonego procesu

Poszczególne etapy procesu technologicznego opracowanej instalacji do nakładania warstwy nano tytanu metodą dyspersyjną:

Etap 1

W pierwszym etapie procesu nanoszenia cienkiej warstwy nano tlenku tytanu na powierzchnię szklaną paneli okiennych przed finalnym montażem, opiera się na wcześniejszym przygotowaniu powierzchni roboczej poprzez oczyszczenie jej z wszelkich zabrudzeń mogących powstać w trakcie transportu i prowadzonego procesu produkcyjnego. W celu usunięcia powstałych zanieczyszczeń należy zastosować etap oczyszczania powierzchni roboczej za pomocą substancji odtłuszczających i strumienia powietrza. Etap ten jest wariantem opcjonalnym uzależnionym do stopnia zabrudzenia powierzchni. Na tym etapie operator prowadzonego procesu (główny technolog) w oparciu o doświadczenie i dobrą praktykę inżynierską, może wyłączyć ten etapu i przejść do etapu nakładania warstwy nano tytanu jeżeli uzna, że powierzchnia szklanych paneli okiennych jest wystarczająco czysta.

Etap 2

Kolejnym etapem jest nakładanie cienkiej warstwy tlenku tytanu w taki sposób aby w całości została pokryta cała przestrzeń robocza panel szklanego. W tym celu należy nanieść na powierzchnię szklana roztwór koloidu NanoTitanium IP 1000 za pomocą specjalnie w tym celu zaprojektowanej głowicy dyspersyjnej. Równomierne nałożenie roztworu koloidy uzyskuje się poprzez dokładne rozprowadzenie po całej powierzchni głowicy dyspersyjnej.

Etap 3

Ostatnim procesem w etapie nanoszenia cienkiej warstwy koloidu Nanotitanium IP 1000, jest etap suszenia strumieniem powierzchni za pomocą dyfuzora. W tym celu zastosowany zostanie układ nawiewny, wyposażoną w dysze kierunkową umożliwiające równomierny przepływ powietrza po powierzchni roboczej panela szklanego.

Prowadzenie procesu zgodnie z zaproponowanym schematem przyczynia się do uzyskiwania produktu końcowego najwyższej jakości. Nieprawidłowe działanie jednego z zaproponowanych etapów może mieć znaczenie na jakość produktu jak i bezpieczeństwo pracy.

6 Założenia projektowe

Zaproponowana instalacja będzie wykorzystywana do nakładania warstwy nano tlenku tytanu o nazwie handlowej NanoTitanium IP 1000 opracowanego przez firmę Amepox Sp. Z.O.O. w Łodzi. Dzięki zaproponowanym rozwiązaniom, prowadzenie procesu powlekania szklanej powierzchni paneli oknach typu PCV oraz procesu suszenia powierzchni roboczej jesteśmy w stanie prowadzić proces bez wpływu na obecny harmonogram produkcyjny.

W celu dokonania niezbędnych obliczeń potrzebnych do zaprojektowania instalacji mogącej współpracować z istniejącym ciągiem technologicznym, wykorzystano szereg danych dotyczących istniejącej instalacji produkcji okien jak i dane dotyczące obiektu w którym ma się znajdować zaprojektowana instalacja.

- Maksymalne ciśnienie w instalacji: 400kPa
- Maksymalna objętość cieczy w trakcie 8h pracy: 0,01m³
- Temperatura powietrza (kontakt na granicy faz ciecz-powietrze): 30 °C

W trakcie projektowania należy zwrócić uwagę na zdolność do powstawania zagrożenia wybuchowego co wymaga dodatkowych wymagań co do projektowanej instalacji.

- System nawiewno-wywiewny: wentylacja w wykonaniu technologii EX

Tabela. 3. Wykaz podstawowych danych dotyczących hali produkcyjnej i warunków prowadzenia procesu szklenia okien

Dane wejściowe	Wartość	Jednostka
<i>Dane dotyczące przestrzeni roboczej i ilości pracujących osób</i>		
Powierzchnia przestrzeni roboczej w której prowadzony jest montażu paneli okiennych A_h	2402,09	m ²
Wydajność wentylacji nawiewno/wywiewnej w hali technologicznej μ_w	-	-
Temperatura powietrza w hali technologicznej T_z	18÷23,0	°C
Wilgotność przestrzeni roboczej φ_{air}	40÷60	%
Stopek zapylenia powietrza Z	-	-
Max. ciśnienie powietrza technicznego w instalacji P_{air}	850	kPa
Max. objętościowe natężenie przepływu powietrza technicznego Q_{air}	3,91	m ³ /min
<i>Dane dotyczące ilości pracujących osób na hali produkcyjnej</i>		
Max ilość osób pracujących na hali produkcyjnej w ciągu jednej zmiany roboczej	-	-
Min ilość osób pracujących na hali produkcyjnej w ciągu jednej zmiany roboczej	-	-
<i>Dane dotyczące procesu technologicznego</i>		
min. ilość produkowanych okien w ciągu 8h N_{min}	100	sztuk
maksymalna ilość okien produkowanych w ciągu 8h N_{max}	100	sztuk
max. powierzchnia panela szklana A_{s_max}	1,50	m ²
min. powierzchnia panela szklanego A_{s_min}	0,4	m ²

7 Obliczenia

Nominalne (obliczeniowe) parametry prowadzenia procesu zostały zoptymalizowane poprzez metody powiększenia skali oraz w oparciu o zasady dobrych praktyk inżynierskich.

Na podstawie uzyskanych parametrów prowadzenia procesu przedstawionych w tabeli. 1 oraz właściwości fizykochemicznych nakładanego materiału opracowanego przez laboratorium Amepox Sp. Z.O.O, oszacowano niezbędne parametry zaprojektowanej instalacji do powlekania powierzchni szkła produktem NanoTitanium IP 1000 z uwzględnieniem wszelkich danych zawartych w karcie charakterystyki. Zakres parametrów prowadzenia procesu oszacowano na podstawie istniejących danych dotyczących ciągu produkcyjnego. Wyniki zostały zamieszczone w Tabeli. 4 i przedstawiają wartości minimalną i maksymalną przeliczoną dla jednej zmiany.

Tabela. 4. Parametry prowadzenia procesu technologicznego obliczone dla obciążenia 100 paneli szklanych w ciągu

Parametry pracy instalacji	Symbol	*Wartość min.	*Wartość max.	Jednos tka
Układ do nakładania Alkoholowego roztworu Tlenku Tytany				
Minimalna wydajność instalacji - objętościowe natężenie przepływu roztworu na godzinę	\dot{m}_{R_min}	$0,25 \times 10^{-4}$	$0,94 \times 10^{-4}$	m ³ /h
Maksymalna wydajność instalacji - objętościowe natężenie przepływu roztworu na godzinę	\dot{m}_{R_max}	$0,25 \times 10^{-4}$	$0,94 \times 10^{-4}$	m ³ /h
Obciążenie instalacji- masowy strumień alkoholu do odparowania na godzinę	\dot{m}_{R_ODP}	0,2495	0,9381	dm ³ /h
Masowe udział Tlenku tytanu na godzinę	\dot{m}_S	5×10^{-4}	$1,88 \times 10^{-3}$	m ³ /h
Ciśnienie roztworu podawanego do układu dyspersji	P_R	200	400	kPa
Maksymalna objętość użyta w ciągu 8h pracy	V_R	0,002	0,0075	m ³
Średnia temperatura roztworu	T_R	18	25	°C
Stężenie roztworu nanoTitanium IP 1000	C_R	2000	2000	ppm
Układ do suszenia powierzchni szklanej pokrywanej roztworem Tlenku Tytany				
Wydajność instalacji - masowe natężenie czynnika suszącego na godzinę	v_{air_susz}	1	2,5	m/s
Temperatura czynnika suszącego na wlocie	T_{air_in}	18	23	°C
Temperatura czynnika suszącego na wylocie	T_{air_out}	20	25	°C
Wilgotność przepływającego czynnika suszącego	ϕ_{air}	40	60	%
Układ wentylacyjny zapewniający redukcję stężenia mieszaniny powierze-alkohol				
Prędkość przepływu powietrza	v_{air}	1,5	3	m/s
Temperatura czynnika suszącego na wlocie	T_{air_wlot}	20	25	°C
Temperatura czynnika suszącego na wylocie	T_{air_wylot}	25	30	°C

*Wartość minimalna - wartość min. przeliczona dla najmniejszej powierzchni tafli szklanej

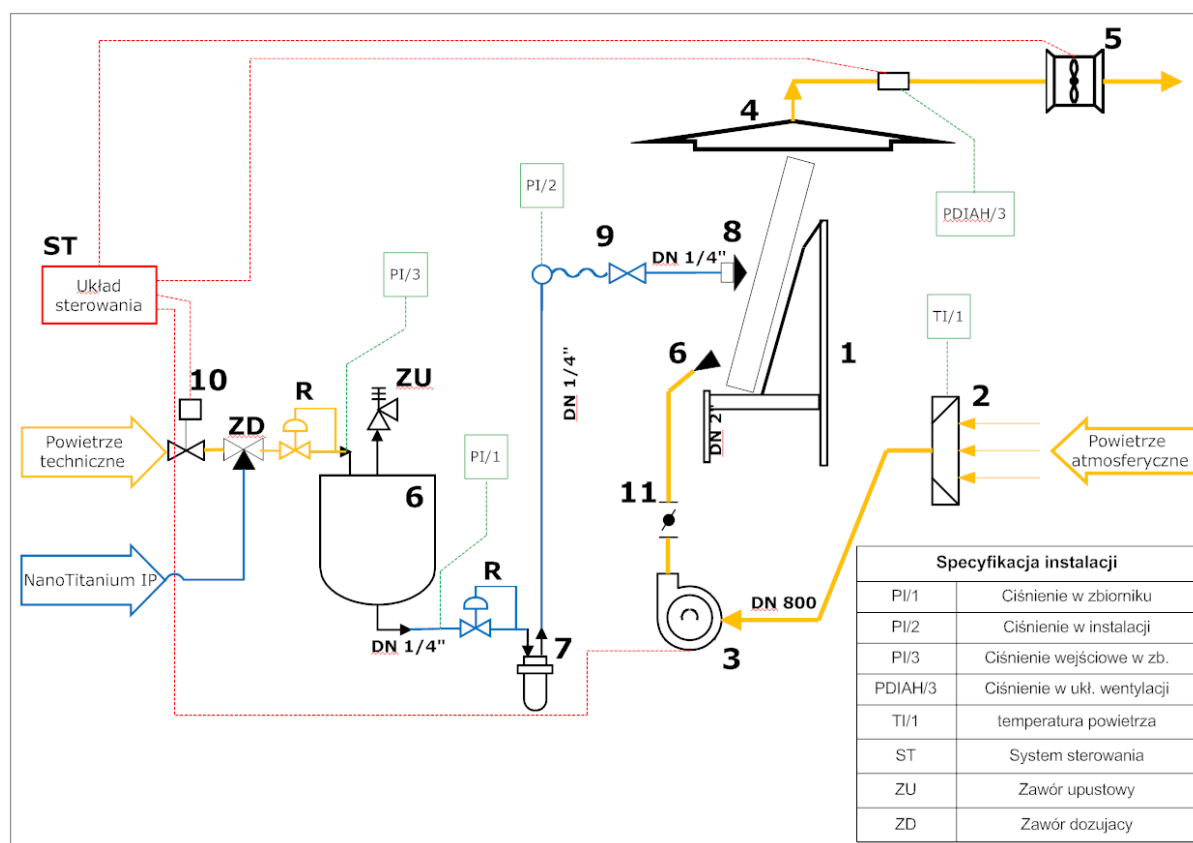
**Wartość maksymalna - wartość max. przeliczona dla największej powierzchni tafli szklanej

Na podstawie oszacowanych wartości przedstawionych w tabeli 2 w oparciu o podstawowe dane dotyczące parametrów procesowych istniejącej instalacji, obliczono że maksymalna ilość podawanej cieczy w ciągu 8h pracy wynosi $0,94 \times 10^{-4}$ m³ dla obciążenia produkcji w ilości 100sztuk okien. Należy pamiętać iż przedstawione dane dotyczą jedynie maksymalnej ilości okien podaje w założeniach do projektu. W przypadku zwiększenia nakładu produkcyjnego należy dokonać ponownego oszacowania wydatku materiałowego. W celu zwiększenia bezpieczeństwa prowadzonego procesu, oszacowano minimalne ciśnienie i ilość zużywanego roztworu w ciągu 8h. Na podstawie uzyskanych danych

określono czy zaprojektowany zbiornik wymaga dozoru technicznego przez Państwowy Urząd Dozoru Technicznego. Przy założeniu maksymalnej objętości 10dm³ i ciśnieniu 4bar, zaprojektowany zbiornik nie przekracza dopuszczalnej wartości 50 bardm³.

8 Schemat technologiczny

Do realizacji zaproponowanego procesu nakładania warstwy nano tlenku tytanu opisanego w punktach 2, zostanie zastosowana instalacja, której schemat przedstawiono na rys. 1. W celu realizacji podstawowych założeń projektowych skupiono się przede wszystkim na zapewnieniu bezpieczeństwa pracy instalacji jak i bezpieczeństwa pracy pracowników w zakładzie pracy. W tym celu posłużono się wytycznymi zawartymi w normie ATEX 100a co do projektowania instalacji mogącej wyęzwać atmosferę palno-wybuchową i dobrej praktyki inżynierskiej.



Rys. 1. Schemat instalacji do pokrywania tlenkiem tytanu paneli szklanych okien PCV

Przedstawiona instalacja będąca niezależnym układem w stosunku do już istniejącego ciągu technologicznego składa się przede wszystkim z układu do transportu roztworu

NanoTitanium IP 1000 i układu do intensyfikacji odparowywania rozpuszczalnika z powierzchni paneli szklanych. Instalacja umożliwia prowadzenie procesu dyspersyjnego nawilżania powierzchni roztworem alkoholu i suszenia strumieniem powietrza. Stężenie Tlenku tytanu w alkoholu wynosi 0,2%.

8.1 Opis instalacji

Zaprojektowane stanowisko do powlekania cienką warstwą nano tytanu składa się z stołu wyposażonego w rolotok **1** do transportu pionowego paneli szklanych połączonego z układem do nakładania cienkiej warstwy koloidu i układem suszarniczym. Stół **1** wyposażony został w wentylator wykonany w technologii EX umożliwiający przetłoczenie powietrza procesowego o zadanych parametrach do układu suszenia. Zainstalowanie układu susząco-nawiewnego powoduje zintensyfikowanie odparowania rozpuszczalnika i ukierunkowania fazy lotnej par alkoholu w kierunku okapu ssącego.

Powietrze jest zasysane z otoczenia poprzez czerpnię w której zamontowano filtr **2** usuwający z powietrza zanieczyszczenia mechaniczne. Wentylator podmuchowy **3** dostarcza powietrze do dyfuzora za pomocą elastycznego rurociągu powodując w ten sposób równomierne rozprowadzenie strumień powietrza po całej powierzchni roboczej tafli szkła. Zastosowanie specjalnego dyfuzora umożliwiające zwiększenie rozwinięcia powierzchni kontaktu wpływa na przyspieszenie wymiany masy na powierzchni szkła, intensyfikując odparowania i skróceniu czasu do około 60 - 90 sekund. Pionowe ustawienie paneli szklanych wymusiło zaprojektowanie układu suszącego pod obracającymi się rolkami stołu technologicznego co może w niewielkim stopniu wpływać na powstawanie zawirowań. Takie rozwiązanie przede wszystkim umożliwia ukierunkowanie strumień powietrza do góry i doprowadzenie go na zewnątrz przestrzeni roboczej za pomocą zainstalowanego okapu **4** znajdującego się nad stołem rolotoku. Zassane powietrze za pomocą wentylatora osiowego wykonanego w technologii EX **5** jest odprowadzane do atmosfery, uniemożliwiając powstanie zagrożenia wybuchowego jak i przekroczenia dopuszczalnego stężenia roztworu NanoTitanium IP 1000. Odpowiednie sterowanie prędkością obrotową wentylatora nawiewnego układu suszenia i wentylatora ssącego umożliwia uzyskanie wymaganej prędkości przepływu powietrza. Dla zapewnienia bezpieczeństwa personelu oraz bezpieczeństwa procesowego ustalono, że optymalny zakres ciśnień w ww. urządzeniach wynosi $200 \div 1000$ Pa poniżej ciśnienia atmosferycznego (wentylator ssący) i wentylatora nawiewnego $200 \div 800$ Pa powyżej ciśnienia atmosferycznego. Układ wentylacyjny zostanie

wyposażony w manometr różnicy ciśnień umożliwiający automatyczne zatrzymanie pracy całej instalacji w momencie utraty zdolności ssącej okapu.

W celu precyzyjnego nałożenia cienkiej warstwy alkoholowego roztworu NanoTitanium IP 1000, rolotog wyposażono w układ ciśnieniowy składający się z zbiornika **6** połączonego z filtrem **7** i układem do zwilżania powierzchni roboczej paneli szklanych **8**. Specjalnie zaprojektowany układ dyspersyjny **8** umożliwiający prowadzenie procesu zwilżania z jednoczesnym czyszczeniem tafli szklanej, składa się z głowicy wyposażonej w płytę perforowaną o niskim współczynniku retencji roztworu. Koloid przetłaczany jest z zbiornika **6** za pomocą sprężonego powietrza o stałych parametrach procesowych. Ciśnienie w instalacji nie powinno przekroczyć około 400kPa. Układ do prowadzenia nakładania NanoTitaninu IP 1000 wyposażona została w manualny zawór odcinający **9** dopływ roztworu powodując w ten sposób kontrolowany przepływ koloidu do zwilżanej powierzchni roboczej.

Głowica **8** wyposażona jest w tkaninę o grubości $3 \div 10$ mm. Tkanina ma za zadanie równomierne rozłożenie koloidu jak i funkcję zatrzymywania zanieczyszczeń mogących występować na powierzchni panel szklanego. Gęstość zastosowanego materiału, powinna zawierać się od 0,32 do 0,4 g/cm³.

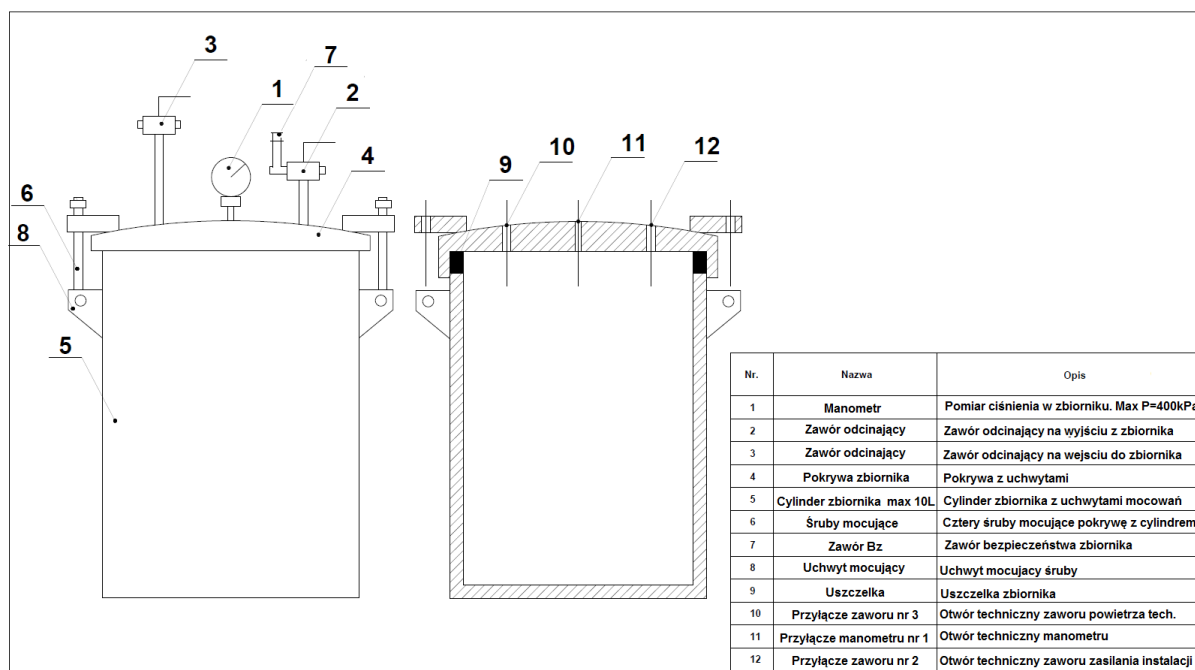
Instalacja została wyposażona w przełącznik bezpieczeństwa połączony z zaworem pneumatyczny **10** umożliwiając natychmiastowe odłączenie dopływu strumienia powietrza procesowego do zbiornika **6**. Umożliwia to w sposób natychmiastowy zatrzymanie pracy instalacji w przypadku wystąpienia nieszczelności na instalacji. Zastosowany manometr z regulacją umożliwiając dostosowanie masowego natężenia przepływu sprężonego powietrza do zbiornika. W celu zachowania bezpieczeństwa w przypadku uszkodzenia reduktora ciśnienia, zbiornik został wyposażony w zawór bezpieczeństwa. Dzięki wytworzone poduszce powietrznej nad roztworem NanoTitanium IP 1000, roztwór zostaje przetłoczony za filtra cząstek stałych **7**.

W procesie nakładania warstwy NanoTitanium IP 1000 metodą dyspersyjną, nie jest wymagany etap wcześniejszego przygotowania roztworu. Koloid ze względu na swoje właściwości fizykochemiczne charakteryzuje się dużą stabilnością układu. Zawartość 0,2% Tlenku Tytanu nie wpływa znacząco na właściwości reologiczne zastosowanego rozpuszczalnika (2-propanol, C%96). Roztwór nie ulega sedymentacji czy też flokulacji.

Na rys. 2. przedstawiono schemat zbiornika ciśnieniowego zasilającego układ do dyspersji roztworu NanoTitanium IP 1000. Zbiornik wyposażony został w manometr i reduktor do precyzyjnego ustawienia masowego przepływu powietrza technicznego. Zbiornik

wyposażony został w szybkozłaczę do podłączenia sprężonego powietrza i przewodu hydraulicznego połączonego z głowicą dyspersyjną. W celu zwiększenia bezpieczeństwa instalacji w przypadku gwałtownego wzrostu nadciśnienia w zbiorniku, przewidziano zainstalowanie zaworu bezpieczeństwa. Maksymalna objętość robocza zbiornika powinna wynosić pomiędzy 0,008-0,01m³. Ze względu bezpieczeństwa pracy w instalacji nie powinno być nadciśnienie większe od 400kPa. Zgodnie z wytycznymi UDT dla zbiorników ciśnieniowych zaproponowany zbiornik nie przekracza dopuszczalnej wartości 50bar_{m3}. W tej sytuacji zastosowany zbiornik nie podlega nadzorowi UDT. W celu utrzymania szczelności, zbiornik należy wyposażyć w uszczelkę odporną na działanie 96% isopropanolu i co najmniej trzy punktu docisku klapy zbiornika.

Przygotowanie instalacji do prowadzenia procesu powlekania nanotlenkiem tytanu, należy rozpocząć od przygotowania odpowiedniej objętości koloidu. W tym celu główny technolog zgodnie z wytycznymi co do wielkości wielkości produkcji w danym dniu roboczym, przeliczonym na 8h pracy zakładu, pobiera zadaną objętość (0,008-0,01m³) roztworu i dzięki zastosowaniu zaworu dozującego **ZD**, napęlnia zbiornik **6**. po załadunku całej objętości koloidu, zawór ponownie zostaje zamknięty. Otwarcie zaworu odcinającego **10** powoduje dopływ strumienia powietrza do zaworu połączonego z manometrem i reduktorem ciśnienia. Dzięki zastosowaniu reduktora umożliwiającego przetłoczenie ciśnienia do wartości max. 350kPa, w instalacji zbiornika nie występuje zagrożenie zwiększenia ciśnienie powyżej p_{max} 350kPa. Ze względu na mały przepływ koloidu i niewielkie opory wynikające z zaprojektowanej instalacji, ciśnienie powietrza technicznego powinno być w przedziale 200-300 kPa o wydajności $1 \div 3$ m³/h powietrza.



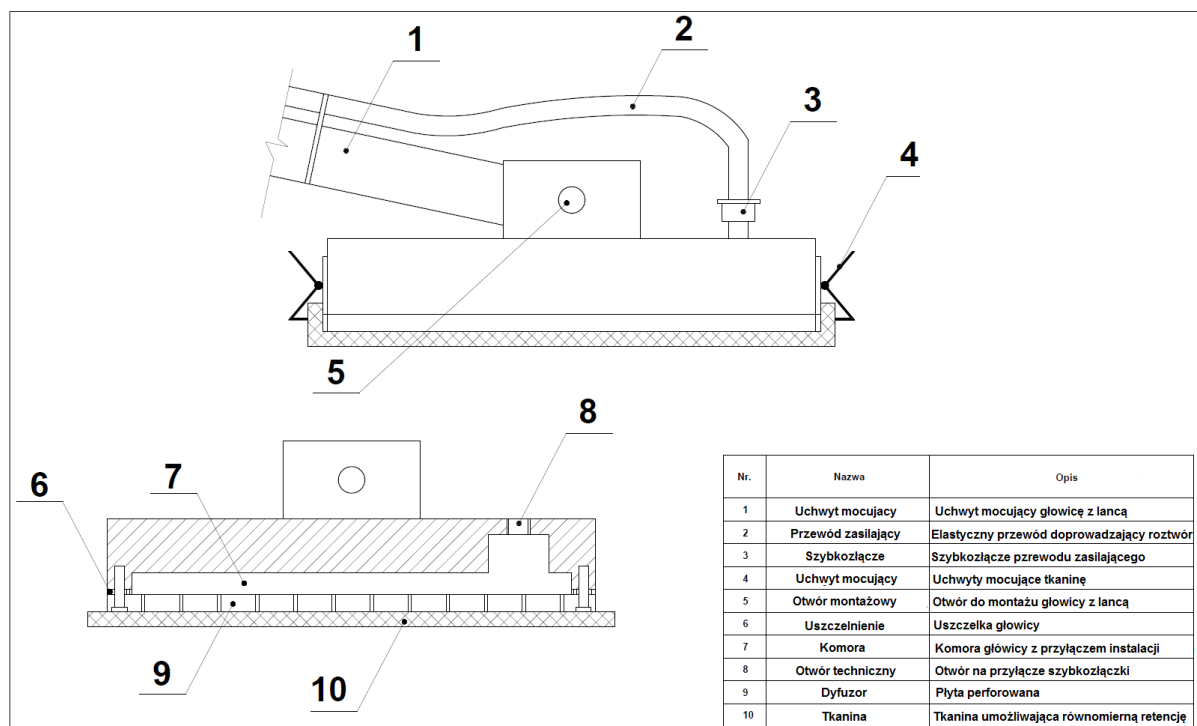
Rys. 2 Schemat zbiornika ciśnieniowego z armaturą

Na rys. 3 przedstawiono schemat głowicy zasilanej roztworem NanoTitanium IP 1000 przy wykorzystaniu przewodu elastycznego podłączonego do zbiornika ciśnieniowego. Cały układ składa się z trzech elementów połączonych czterema śrubami.

- podstawa mocująca z podłączeniem hydraulicznym węża ciśnieniowego
- dyfuzora z mikro porami
- tkanina o dużej gęstości mająca za cel równomierne pokrycie powierzchni szklanej.

Zaprojektowana głowica do nakładania Tlenku Tytany, została wyposażona w przyłączy 3 do którego podłączony zostanie przewód ciśnieniowy 2 przy wykorzystaniu szybkozłączki mogącej pracować do 1000kPa. Główna część głowicy składa się z komory o maksymalnej objętości 50ml. Ilość podawanego roztworu kontrolowana jest za pomocą zaworu mechanicznego zainstalowanego tuż przez głowicą. Zewnątrz część głowicy składa się z dyfuzora z makroporami 9 przez które zostaje przetłoczona zadana objętość cieczy znajdująca się w komorze. W celu równomiernego rozprowadzenia koloidu jak i usunięcia zanieczyszczeń z powierzchni szkła, zastosowano tkaninę z grupy filcu o gęstości od 0,32 do 0,4 g/cm³ i grubości w przedziale 3÷10mm. Zastosowanie tkaniny z grupy filcu umożliwi utrzymanie stałej retencji roztworu NanoTitanium IP 1000 w trakcie prowadzenia procesu nakładania. W przypadku wymiany tkaniny, zastosowano mechaniczne ściski 4

zainstalowane po obu stronach urządzenia. Umożliwia to w szybki i bezpieczny sposób wymianę zużytej tkaniny na nową bez konieczności demontażu głowicy.



Rys. 3 Schemat głowicy do nakładania roztworu tlenku tytanu na panele szklane

9 Wykaz urządzeń i parametrów technologicznych

W oparciu o dobrą praktykę inżynierską i podstawowe założenia co do zaprojektowanej instalacji, dokonano zestawienia w tabeli 2 wykazu mierzonych parametrów technologicznych i punktów sygnalizacji. Przedstawione zestawienie wykazuje zakres i funkcjonalność przewidzianej armatury jak i zakres dokładności poszczególnych elementów.

Tabela. 3. Wykaz mierzonych parametrów technologicznych i punktów sygnalizacji

Lp.	symbol	Wielkość mierzona	Zakres	Dokładność	Funkcja
1	PI	Ciśnienie podawanego roztworu do układu dyspersji	0÷500kPa	±10Pa	Wskaźnik regulatora ciśnienia na wyjściu z zbiornika ciśnieniowego

2	PI	Ciśnienie w węży zasilającym	0÷500kPa	±10Pa	Wskaźnik ciśnienia na wejściu do układu dyspersji podawanej cieczy.
3	PDIA H	Ciśnienie powietrza zassanego	0÷ +600kPa	±10Pa	Czujnik różnicy ciśnienia w instalacji ssącej spełniający zadania wyłącznika układu zasilania powietrzem technicznym instalację dozowania. Sygnał alarmu gdy ΔP przekroczy 600Pa
4	TI	Temperatura powietrza wlotowego	0÷50 °C	±0,1 °C	Czujnik temperatury powietrza wlotowego do układu suszarniczego.