

SPECYFIKACJA TECHNICZNA ZBIORNIKÓW AMARGTANK COMPOSITE®

Dla ułatwienia udostępniamy Państwu opis często stosowany w audytach, koncepcjach rozwiązań technicznych, opracowaniach projektowych / przetargowych / ofertowych, mówiący między innymi o rodzaju i typie materiału oraz parametrach technicznych zbiorników kompozytowych. Poniżej zamieszczono przykładowy materiał ułatwiający przygotowanie dokumentacji projektowej, w tym opisowej oraz specyfikacji technicznej zbiorników AmargTank Composite®.

Spis treści

1.	Technologia AmargTank Composite®	2
1.1.	Wprowadzenie	2
1.2.	Wytwarzanie konstrukcji w technologii AmargTank Composite®	2
1.2.1.	Metoda nawojowa	2
1.2.2.	Wytwarzanie ręczne.....	3
1.3.	Możliwe zastosowania technologii AmargTank Composite®.....	4
1.4.	Zalety konstrukcji wykonanych w technologii AmargTank Composite®.....	5
2.	Proponowany zapis w specyfikacji projektowej	6
2.1.	Proponowany opis ogólny do projektu.....	6
2.2.	Dodatkowe elementy konstrukcyjne zbiornika	7
2.3.	Dodatkowe warstwy zabezpieczające.....	7
2.3.1.	Warstwa antykorozyjna konstrukcji (wewnętrzna i/lub zewnętrzna)	7
2.3.2.	Warstwa zapewniająca wysoką odporność na zużycie ścierne	8
2.3.3.	Warstwa antyelektrostatyczna (możliwość uziemienia zbiornika kompozytowego)	8
2.3.4.	Warstwa dla podwyższonej odporności na płomień	8
2.3.5.	Powłoka dekoracyjno-zabezpieczająca	8
2.4.	Uzasadnienie zastosowania konstrukcji.....	9
2.5.	Metody zapewnienia jakości.....	11
2.5.1.	Kontrola ilościowa i jakościowa surowca.....	11
2.5.2.	Magazynowanie surowca.....	11
2.5.3.	Wytwarzanie konstrukcji i badania materiałowe.....	12
2.5.4.	Sprawdzenie szczelności konstrukcji kompozytowej AmargTank Composite®	13

1. Technologia AmargTank Composite®

1.1. Wprowadzenie

Technologia AmargTank Composite® jest dedykowana do wytwarzania zbiorników magazynowych, wanien zabezpieczających i wychwytowych oraz aparatów procesowych z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknami, nazywanych kompozytami, a potocznie także laminatami. Do ich identyfikacji stosuje się często akronimy tj.: TWW - Tworzywa Wzmocnione Włóknami, TWS – Tworzywa Wzmocnione Szklę; GRP – Glass Reinforced Polymer; GFRP – Glass Fiber Reinforced Polymer; CFRP – Carbon Fiber Reinforced Polymer.

Dzięki wprowadzeniu do tworzywa kompatybilnych materiałów włóknistych, powstają wewnętrzne siły wiążące, dzięki którym uzyskuje się właściwości materiału inne, lepsze w stosunku do właściwości poszczególnych komponentów. W większości przypadków właściwości mechaniczne kompozytu nie są jednakowe we wszystkich kierunkach działania sił – materiał jest anizotropowy – w przeciwieństwie do tworzyw niewzmocnionych włóknami czy metali. Pozwala to na wytwarzanie wyrobów, w których najlepsze parametry osiąga się dokładnie w kierunku jakim wyrób jest obciążany, a przez to możliwe jest obniżenie zużycia materiałów oraz kosztów produkcji.

Wyróżnia się konstrukcje kompozytowe (poliestrowe, winyloestrowe, epoksydowe wraz ze zbrojeniem włóknem szklanym lub węglowym) z chemoodporną warstwą wykańczającą lub systemy hybrydowe, czyli konstrukcja kompozytowa o wysokiej odporności antykorozyjnej i chemicznej + trwale zespolony kaszerowany liner wewnętrzny z tworzywa PE, PP, PVC, PVDF, E-CTFE, PFA (poza wysoką odpornością chemiczną zapewniający odporność temperaturową). Takie podejście pozwala zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa oraz długoterminową wytrzymałość zbiorników.

1.2. Wytwarzanie konstrukcji w technologii AmargTank Composite®

Wytwarzanie konstrukcji w technologii AmargTank Composite® zależnie od przeznaczenia jest realizowane między innymi na podstawie normy europejskiej *PN-EN 13121 – Nziemne zbiorniki z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym*.

1.2.1. Metoda nawojowa

Technologia AmargTank Composite® opiera się przede wszystkim o metodę nawojową, w której głównym surowcem włóknistym są ciągłe włókna zebrane w tzw. Sznurki (rowing) – nawój ciągły. Odpowiednia (do określonego produktu i technologii) ilość (do max 32 szt) w ciągły sposób przesuwana jest od szpul do formy, przy czym w ostatniej fazie sznurki zbierane są w pojedyncze pasmo. Na drodze włókien znajdują się układy wałków i grzebieni formujących, stabilizujących pasmo i nadających mu odpowiednią miękkość i usprawniających przesycanie żywicą. W tej części znajduje się oprzyrządowanie wprowadzające

pożądaną siłę naciągu niezbędną do zapewnienia wysokiej jakości kompozytu – wyrobu finalnego. Dochodzi tu także do impregnacji włókien ciekłą żywicą i odcisnięcia jej nadmiarowej ilości.

Następnie włókna trafiają do ostatniej, formującej części urządzenia – głowicy (4/5 osi). Służy ona do ostatecznego nadania szerokości i grubości pasmom i skupienia ich w postać pojedynczej taśmy i naniesienia jej na obracającą się formę. Istnieją też możliwości zastosowania włókien w postaci welonów, mat, materiałów tkanych, ciętego włókna i innych form.

W przebiegu procesu wykorzystywane jest sterowanie numeryczne (CNC), które pozwala odwzorować zaprojektowany, zaplanowany układ i ilość włókien w wyrobie z milimetrową dokładnością.

W zależności od skomplikowania kształtu wyrobu, niezbędne jest, aby maszyna miała kilka „punktów swobody” umożliwiających niezależne koordynowanie ruchu jej komponentów – tzw. osie ruchu. Dla rur okrągłych o stałej średnicy wystarczające są dwie osie – obrót formy i prowadzenie wzdłuż niej głowicy. Dla elementów o kształcie stożkowym lub innych powierzchni obrotowych (cylinder stopniowany, cylinder z częściami stożkowymi itp.) potrzebne są co najmniej trzy osie – dodatkowa może wprowadzać rotację lub zbliżać/oddalać głowicę w stosunku do formy.

Dla większej precyzji układania włókien np. podczas wytwarzania zbiorników ciśnieniowych, których kształt można opisać jako cylinder zakończony wypukłymi dennicami (sferycznymi czy elipsoidalnymi), niezbędne mogą być co najmniej 4 osie.

Większa liczba osi wykorzystywana jest wtedy gdy występuje skomplikowany kształt aparatu, np. bryła pozbawiona osi symetrii lub niebędąca bryłą obrotową, specyficzna struktura kompozytu i precyzja w ułożeniu włókien lub inne, szczególne wymagania użytkowe lub techniczne.

Amargo® dysponuje urządzeniem posiadającym 4 niezależne osie (opcja 5 osi), umożliwiające wytworzenie w 1 nieprzerwanym procesie kompletnego zbiornika ciśnieniowego (wraz z dennicami) o średnicy zewnętrznej do 4,3 m i długości do 10 m (z mocowaniami do 12mb) oraz objętości nawet do około 140 m³.

1.2.2. Wytwarzanie ręczne

W przypadku konieczności wykonania nietypowych, niestandardowych elementów, które nie są możliwe do zrealizowania w sposób zautomatyzowany metodą nawojową, w technologii AmargTank Composite® dopuszcza się wytwarzanie ręczne.

W tym przypadku głównym surowcem włóknistym są wyroby takie jak maty wykonane z ciętych i łączonych ponownie sznurków (składających się z setek pojedynczych włókienek), tkaniny plecione ze sznurków – tzw. „rowing”, zbudowane z wielu tysięcy pojedynczych włókienek podstawowych zwanych „filamentami” – tkaniny zszywane (bez przeplotu pomiędzy sznurkami) czy wyroby kombinowane jak np. maty łączone z tkaninami.

Metoda wytwarzania kompozytu polega na układaniu na formie przygotowanych arkuszy wzmocnienia i nasycaniu ich żywicą przy użyciu ręcznych narzędzi. Kluczowym aspektem jest doprowadzenie do

całkowitego zwilżenia włókien przez żywicę i usunięcie pęcherzy i bąbelków powietrza. Taką operację powtarza się wielokrotnie, aż do uzyskania docelowej grubości ściany.

Metoda wytwarzania ręcznego jest szeroko rozpowszechniona i pomimo dużej pracochłonności jest niezbędna w przypadku wykonywania niemal każdego zbiornika czy aparatu, szczególnie w sytuacjach, w których w głównej bryle wyrobu należy umieścić i trwale z nią zespolić, elementy przyłączeniowe tj. króćce, włazy czy inne wyposażenie stałe, a także gdy główna bryła wyrobu jest spajana z dwóch lub większej ilości części - wytwarzanie ręczne jest często jedynym możliwym wariantem wykonania. Metoda ręczna daje bardzo dużą swobodę w kształtowaniu struktury kompozytu, a także wytwarzany element może wykazywać duży stopień skomplikowania kształtu – tak więc stanowi uzupełnienie innych metod.

1.3. Możliwe zastosowania technologii AmargTank Composite®

Konstrukcje kompozytowe wytwarzane w technologii AmargTank Composite® są dedykowane w szczególności dla rozwiązań, które z uwagi na wymagające warunki pracy (np. podwyższone warunki temperaturowe, ponadstandardowa – niezwykle wysoka odporność chemiczna, ciśnienie) są nieracjonalne ekonomicznie do wykonania z typowych materiałów (np. tworzyw grupy poliolefiny) lub wręcz niemożliwe do zaprojektowania i zbudowania.

Urządzenia wykonane z polimerowych materiałów kompozytowych w technologii AmargTank Composite® znajdują zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu np.: produkcja chemikaliów, zaawansowane oczyszczanie ścieków (zwłaszcza poprocesowych w wielu gałęziach przemysłu), uzdatnianie wody, oczyszczanie gazów procesowych, wytwarzanie ciepła i chłodu, wytwarzanie energii elektrycznej, wytwarzanie zielonej energii, wytwarzanie i magazynowanie gazów paliwowych, biogazu i biomasy oraz paliw płynnych, galwanizacja, produkcja nawozów, chemiczna synteza surowców, przemysł spożywczy (oleje, koncentraty, syropy), rolnictwo (zboża, pasze, produkty sypkie).

Urządzenia takie mogą pracować zarówno jako chemoodporne magazyny mediów żrących, utleniających, reaktywnych i wysoce niebezpiecznych oraz łatwopalnych (zaopatrzenie produkcji, półprodukty, produkty gotowe), wanny wychytowe/zabezpieczające, jak i jako aparaty procesowe – reaktory (chemiczne, biochemiczne), zbiorniki i zasobniki procesowe – technologiczne, mieszalniki, płuczki, absorbery, desorbery, filtry.

Z kompozytów mogą być także wytwarzane elementy odpowiedzialnej infrastruktury przesyłowej (rurociągi: rury i kształtki) dla mediów grzewczych czy chłodzących, surowców, półproduktów i produktów końcowych w instalacjach służących do ich wytwarzania, ścieków komunalnych oraz przemysłowych – zwłaszcza w zastosowaniach, gdzie klasyczne materiały nie wytrzymują pod względem chemoodporności, sztywności, temperatury, ciśnienia. Mogą także pracować jako kanały do transportu produktów gazowych, w tym gorących i zanieczyszczonych (wywołujących szybki efekt korozji standardowych materiałów), chemo- i termoodporne kominy. Wytwarza się z nich również elementy konstrukcyjne (profile o różnym przekroju), elementy infrastruktury (drabiny, pomosty, balustrady, schody, izolatory (dla przemysłu elektro-energetycznego) i wiele innych.

1.4. Zalety konstrukcji wykonanych w technologii AmargTank Composite®

Wśród najważniejszych zalet wytwarzania zbiorników magazynowych, wanien zabezpieczających i wychwytowych oraz aparatów / zbiorników procesowych z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknami (kompozytów) w technologii AmargTank Composite® należy wyróżnić:

- możliwość indywidualnego wytwarzania i dopasowania struktur kompozytowych do specyficznych wymagań zidentyfikowanych na etapie audytu, konsultacji i procesu projektowania zbiorników chemoodpornych, instalacji i systemów,
- możliwość wytwarzania pełnego zakresu konstrukcji zbiorników przemysłowych przeznaczonych szczególnie dla dużych obciążeń i wysoce odpowiedzialnych aplikacji, tj.:
 - wysokiej temperatury (praca w zakresie temperatur w granicach od -40°C do nawet +120°C (i więcej – indywidualny projekt)),
 - ciśnienia (praca ciągła lub okresowa/cykliczna w warunkach nadciśnienia od -1 bar (próżnia) do +10 bar (i więcej – indywidualny projekt)),
 - korozyjnego medium – dzięki wysokiej odporności chemicznej, także na silnie utleniające substancje (w postaci dedykowanej żywicy z minimalną zawartością włókien / w postaci chemoodpornego i nie korodującego lineru z wysoce odpornego tworzywa),
 - medium o wysokiej gęstości,
 - stabilności wymiarowej (wytrzymałość, sztywność, pełzanie),
 - nieregularnego kształtu,
 - innych wymagań tj.: elektroprzewodzenie, odporność na ścieranie, dodatkowa wykładzina, barwienie/malowanie zewnętrzne, itp.
- optymalne dostosowanie gabarytów konstrukcji umożliwiające redukcję powierzchni posadowienia zbiornika w zakładzie – w przypadku linii technologicznej Amargo® możliwość wytworzenia w 1 nieprzerwanym procesie (i z powtarzalną oraz jednakową w każdym miejscu jakością) kompletnego zbiornika ciśnieniowego (wraz z dennicami) o średnicy zewnętrznej do 4,3 m i długości do 10 m i objętości nawet do około 140 m³,
- długą żywotność konstrukcji (do 25 lat z opcją przedłużenia – pod warunkiem realizacji regularnych serwisów oraz zaangażowania systemów monitoringu i oceny stanu technicznego ścianki TankSense360®) wynikającą z indywidualnie dobranej struktury i warstw ścianek zbiornika – popartych analizą odporności chemicznej, rekomendacjami dostawców surowców oraz zaangażowaniem zespolonych systemów inżynierii materiałów i wieloosiowego współsterowania CNC w trakcie procesu wytwarzania (poparte raportami),
- optymalny koszt zbiornika wynikający z własnych zasobów projektowych i technologicznych, stosowania zoptymalizowanych materiałów, surowców (oraz energooszczędnej infrastruktury i efektywności energetycznej Wytwórcy oraz niskiego śladu węglowego produktu), zaangażowania nowoczesnych zautomatyzowanych linii produkcyjnych oraz obróbczych (stanowiska CNC), jednoczesnego i równoległego badania w zakładowym laboratorium,

- możliwość zaoszczędzenia ok. 50% masy przy niezmienionej objętości – konstrukcja całkowicie metalowa to masa rzędu 1,4 kg/l – natomiast zbiornika wykonanego tylko z materiałów kompozytowych – od 0,3 kg/l do 0,45 kg/l,
- bardzo dużą sztywność/wytrzymałość, którą zapewniają włókna (małą gęstość zapewnia szczególnie osnowa polimerowa),
- możliwość wzmocnienia właściwości materiału za pomocą środków pomocniczych poprawiających właściwości mechaniczne, dielektryczne, cieplne, chemiczne lub przetwórcze,
- możliwość uzyskania większego kształtu sfery.

2. Proponowany zapis w specyfikacji projektowej

2.1. Proponowany opis ogólny do projektu

Projektuje się zbiornik magazynowy / wannę zabezpieczającą / wannę wychwytową / aparat / zbiornik procesowy na medium: o średnicy mm i wysokości / długości mm, [pracujący w podwyższonym ciśnieniu], w kształcie cylindrycznym. Projektowana konstrukcja zapewnia uzyskanie najlepszej wytrzymałości ścian na parcie wewnętrzne w stosunku do ich grubości, co przekłada się na zminimalizowanie zużycia surowców (oraz energii, czyli śladu węglowego produktu), nakładu pracy, a przez to kosztu wytworzenia – jednocześnie przy osiągnięciu maksymalnego możliwego okresu żywotności – tzw. „lifetime”. Zakończenie cylindra (dno, dach) projektuje się jako płaskie (dla urządzeń bezciśnieniowych) / wypukłe (np. w postaci stożka, czaszy sferycznej, elipsoidalnej i innych) dla zbiornika ciśnieniowego.

Projektuje się konstrukcję kompozytową poliestrową / winyloestrową / epoksydową wraz ze zbrojeniem włóknem szklanym) z chemoodporną warstwą wykańczającą / system hybrydowy, czyli konstrukcję kompozytową o wysokiej odporności antykorozyjnej i chemicznej + trwale zespolony kaszerowany liner wewnętrzny z tworzywa PE, PP, PVC, PVDF, E-CTFE, PFA (poza wysoką odpornością chemiczną zapewniający odporność temperaturową), co powoli zapewni odpowiedni poziom bezpieczeństwa oraz długoterminową wytrzymałość konstrukcji.

Uwzględniając parametry pracy zbiornika / aparatu i instalacji oraz długą żywotność konstrukcji, po analizie i wykonaniu rozpoznania dostępnych technologii na rynku – dla danej aplikacji, po zweryfikowaniu możliwych rozwiązań na rynku krajowym oraz europejskim, wybrano jako najbardziej odpowiednią technologię wykonania metodę nawojową AmargTank Composite®, spełniającą zapisy m.in europejskiej normy PN-EN 13121 – *Naziemne zbiorniki z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym* (jeśli dotyczy w danej aplikacji).

Dopuszcza się rozwiązania technicznie nie gorsze aniżeli zamieszczone w projekcie oraz wynikające z wyraźnego postępu technologii i nowych metod obróbki tworzyw. W przypadku rozważania zmian materiałowych lub parametrów należy ponownie przeprowadzić gruntowny audyt, dobór typu tworzywa pod kątem żywotności, chemoodporności oraz kolejno pełen proces obliczeniowy statyki, dobór techniczny układu warstw (chemoodpornych z wykazaniem badań i pisemnych rekomendacji oraz konstrukcyjnych z wynikami badania próbek i wycinków), materiałów, proporcji i mieszanek, symulacje obliczeniowe i żywotności, a kolejno uzyskać pisemną zgodę uprawnionego projektanta na wprowadzenie ewentualnych zmian.

2.2. Dodatkowe elementy konstrukcyjne zbiornika

Dla projektowanego zbiornika przewidziano następujące elementy konstrukcyjne: lokalne wzmocnienia (metalowe lub strukturalne), przyłącza do napełniania, opróżniania, włazy, klapy, pokrywy, kompozytowe / metalowe elementy podparcia lub kotwienia, uchwyty transportowe (do podpięcia trawersy), instalacje grzejne / chłodzące, pomosty, drabiny, balustrady, strefy antypoślizgowe, instalację odgromową, miejsca montażu oprzyrządowania tj. mieszadła, pompy, kompensatory, odpowietrzacze, filtry, sita, łamacze fal, poziomowskazy, wzierniki, sprzęt pomiarowy i elementy automatyki / inne elementy wyposażenia technicznego.

2.3. Dodatkowe warstwy zabezpieczające

2.3.1. Warstwa antykorozyjna konstrukcji (wewnętrzna i/lub zewnętrzna)

W celu zapewnienia prawidłowej, bezawaryjnej pracy zbiornika / aparatu / urządzenia, czy też rurociągu pracującego w środowisku agresywnym należy uwzględnić warstwę antykorozyjną konstrukcji, która ochroni przed zniszczeniem pozostałe warstwy kompozytowe, a nawet metalowe elementy zbiornika. Zabezpieczenie takie należy zrealizować poprzez zastosowanie surowców ochronnych, wykazujących podwyższoną odporność na przewidziany rodzaj medium (magazynowanego, używanego w procesie lub obecnego w środowisku pracy – otoczeniu), odpowiednich do procesu i warunków pracy (docelowych warunków zainstalowania).

Warstwę antykorozyjną i tym samym spełnienie wymogów należy wykonać poprzez zastosowanie specjalnych wyselekcjonowanych i przebadanych antykorozyjnych żywic np. poliestrowych, winyloestrowych czy epoksydowych. Ściana takiego urządzenia będzie monolityczna w przekroju, trwale zespolona z warstwami konstrukcyjnymi i często od nich nieodróżnialna.

Przewiduje się także inny sposób tj. wykonanie urządzenia ze ścianą dwuwarstwową i użycie jako okładziny chemoodpornej materiału z tworzywa termoplastycznego takiego jak np.: PE, PP, PVC, PA, POM, PET czy tworzywa fluorowe: PVDF, PVF, ECTFE, PFA, PTFE, FEP, ETFE. W takim przypadku, w przekroju ściany widoczne będą przynajmniej 2 warstwy (termoplastyczna i wzmocniona włóknami) trwale ze sobą związane.

Sposób wykonania warstwy antykorozyjnej konstrukcji należy uzgodnić i potwierdzić z producentem zbiornika / urządzenia.

2.3.2. Warstwa zapewniająca wysoką odporność na zużycie ściernie

W przypadku, gdy ściany projektowanego urządzenia przemysłowego muszą spełnić dodatkowe funkcje np. muszą być wysoce odporne na zużycie ściernie, do którego dochodzi z powodu właściwości i składu medium (zawiesina cząstek o dużej twardości), należy zastosować warstwy tworzyw wypełnionych materiałami o wysokiej odporności na ścieranie takimi jak chociażby: korund, elektrokorund, węgiel krzemowy, mikrokulki szklane.

2.3.3. Warstwa antyelektrostatyczna (możliwość uziemienia zbiornika kompozytowego)

W przypadku, gdy projektowane urządzenie jest przeznaczone do pracy z mediami łatwopalnymi albo mogącymi wydzielać palne składniki (także gazy / opary) oraz w przypadku całych urządzeń pracujących w strefie o podwyższonym ryzyku powstania atmosfery wybuchowej, konieczna jest taka budowa ścian aparatu, aby możliwe było odprowadzenie elektryczności statycznej (zapewnienie zgodności z wymaganiami strefy EX / wykonanie tzw. Atex). Realizuje się to poprzez modyfikację powierzchni urządzenia dodatkami antyelektrostatycznymi takimi jak: węgiel przewodzący, grafit, włókna węglowe czy nanorurki.

2.3.4. Warstwa dla podwyższonej odporności na płomień

W przypadku, gdy wymagana jest podwyższona odporność na płomień dla materiału ścian, należy zmodyfikować tworzywo stosowane do budowy urządzenia. Realizuje się to zarówno na etapie wytwarzania żywicy jak i poprzez dodatki chemiczne i wypełniacze – modyfikacja związkami chloru, bromu, fosforu, azotu, mineralne wypełniacze takie jak tlenki glinu i antymonu, węglany.

2.3.5. Powłoka dekoracyjno-zabezpieczająca

Jeśli istnieje taka potrzeba (np. uzyskanie długoterminowej odporności zbiornika TWS/GRP na promieniowanie UV) i nie ma przeciwwskazań, zewnętrzna widoczna dla użytkownika powierzchnia projektowanego urządzenia może być wykonana z barwną powłoką dekoracyjno-zabezpieczającą.

2.4. Uzasadnienie zastosowania konstrukcji

Wykonanie konstrukcji zbiornika magazynowego / wanny zabezpieczającej / wanny wychwytowej / aparatu procesowego w technologii AmargTank Composite® z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknami pozwala na długookresową pracę w zakresie temperatur w granicach **od -40°C do nawet +120°C**, co daje znaczącą przewagę w stosunku do analogicznych urządzeń wytworzonych z materiałów termoplastycznych takich jak polietylen (PE), polipropylen (PP) czy polichlorek winylu (PVC). Technologia daje możliwość wykonania zbiornika do niemal każdej aplikacji, to znaczy stanowi uzupełnienie materiałowe dla systemów monolitycznych z tworzyw grupy poliolefin, jak również zapewnia stosowalność nawet w wysoce odpowiedzialnych aplikacjach z wyśrubowanymi wymaganiami opisanymi w analizie ryzyka wg normy PN-EN 12100.

Wprost nieograniczoną długoletnią odporność na korozję (także chemiczną i zjawisko utleniania) zapewnia odrębna warstwa chemoodpornej żywicy z welonem szklanym, a gdy to nie wystarcza – system hybrydowy ścianki (dual – laminate, czyli z linerem wewnętrznym realizowanym z wysoce chemoodpornych i wybitnie odpornych na wysokie temperatury pracy – tworzyw grupy fluorowców).

Dzięki powyższym zapewniona zostaje optymalizacja finansowa kosztów CAPEX / OPEX zbiornika, czy też instalacji – gdyż uzyskujemy wydłużone okresy żywotności i brak konieczności realizacji wymian skorodowanych / zniszczonych konstrukcji zbiornikowych. Do tego spełniamy wymagania korelacji zielonej transformacji, gospodarki obiegu zamkniętego, czy też redukcji śladu węglowego – a to wszystko znajduje odzwierciedlenie w pozytywnych danych raportu ESG przedsiębiorstwa.

Dodatkowo konstrukcje – po potwierdzeniu parametrów w toku projektowania – mogą być przeznaczone do pracy ciągłej lub okresowej/cyklicznej w warunkach nadciśnienia **od -1 bar (próżnia) do +10 bar** i spełniać wymagania dyrektywy ciśnieniowej – standard PED (określa się m.in. kategorie zagrożeń urządzenia wg Dyrektywy PED 2014/68/UE).

Technologia AmargTank Composite® umożliwia wytwarzanie i dopasowanie struktur kompozytowych do specyficznych wymagań Klienta oraz warunków przeznaczenia – popartych wcześniejszymi analizami, badaniami i symulacjami MES. Kluczową sprawą dla przebiegu procesu jest sterowanie numeryczne (CNC), pozwalające bardzo dokładnie i precyzyjnie odwzorować zaprojektowany, zaplanowany i zasymulowany numerycznie (MES – Metoda Elementów Skończonych / w świecie angielskim FEM – Finite Element Method) układ i ilość włókien w wyrobie z nawet milimetrową dokładnością (przy gabarytach wyrobu kompozytowego rzędu kilka metrów). Wykorzystanie linii technologicznej AmargTank Composite® posiadającej 4 (5) niezależne osie, możliwe jest wytworzenie w 1 nieprzerwanym procesie kompletnego zbiornika ciśnieniowego (wraz z dennicami) o **średnicy zewnętrznej do 4,3 m i długości do 10 m i objętości nawet do około 140 m³**.

W pełni komputerowe sterowanie zapewnia powtarzalność procesu i możliwość realizacji wielokrotnej produkcji danego typu zbiornika (czy też konstrukcji), jak również optymalizację kosztową procesów projektowania i przygotowania do produkcji.

Po zakończonym pierwszym zaplanowanym na etapie projektowania okresie żywotności – dzięki realizacji cyklicznych przeglądów serwisowych oraz zastosowaniu systemów pomiaru i monitoringu stanu technicznego ścianek – konstrukcji zbiornika TankSense360®, istnieje możliwość wydłużenia pracy zbiornika w pierwotnym przeznaczeniu lub też realizując cele Gospodarki Obiegu Zamkniętego – w innym przeznaczeniu, lecz każdorazowo nie obciążając środowiska naturalnego zbędnym odpadem i koniecznością zużycia energii na recykling. Przedsiębiorstwo wydatnie zyskuje – ograniczając emisję CO₂ i zyskując wskaźniki konieczne do raportowania, w tym w sferze ESG.

Dodatkowo sukcesywnie w technologii przewiduje się i zapewnia stosowanie bardziej neutralnych środowiskowo metod produkcji, surowców (bezstyrenowe, UV utwardzalne np. Arkema Elium C595 z włóknem R25H 3B 2400 Tex), jak również z możliwością recyklingu i ponownego przetworzenia do nawet 70% dzięki odwróceniu reakcji (np. EZCiclo Swancor), czy w końcu użycia żywic pochodzenia naturalnego (biopochodne) np. bio żywice epoksydowe oraz bezrozpuszczalnikowe.

Kolejny argument stosowania opisanej technologii to realizacja celów Przemysłu 4.0, czyli korzyści płynące z zaimplikowanych systemów IOT: bezpieczeństwo, predictive maintenance, automatyzacja, optymalizacja finansowa działania instalacji i łatwość oraz szybkość zarządzania systemami w zakładach przemysłowych.

Tab.1. Technologia kompozytowa AmargTank Composite® – porównanie materiałów.

PARAMETR	TERMOPLASTYCZNE	TERMOUTWARDZALNE	KOMPOZYTY
Wytrzymałość na rozciąganie [MPa]	Ok. 30 – PE, PP Ok. 60 – PVC 15-50 – Fluoropolimery	50-100 [8] – poliestry, winyloestry, epoksydy, inne	> 70 – niskonapełnione 100-300 – TWS, ręczne 400-1800 – TWS, nawojowe 600-3000 – CFRP, nawojowe
Sztywność (Moduł Younga) [GPa]	0,7-1,1 – PE 1,4-1,7 – PP 2,5-3,3 – PVC 0,5-2,0 – Fluoropolimery	3-5	10-25 – TWS, ręczne 20-60 – TWS, nawojowe 200-800 – CFRP
Zakres temperatur użytkowania [°C]	0 do +60 – PVC -20 do +80 – PE 0 do +100 – PP -200 do +260 – Fluoropolimery	-60 do +80-130 – poliestry -100 do +100-230 – winyloestry, epoksydy	
Koszt jednostkowy	< 1-3 – PE, PP, PVC 2-10 – inne konstrukcyjne 50-120 – specjalne 14-100 – Fluoropolimery	2-7 – UP, VE, EP 3-10 – inne konstrukcyjne 20-160 – specjalne	> 2-5 – wielkoseryjne > 50 – TWS > 150 – CFRP 1-3 – włókna szklane 15-100 – włókna węglowe, grafitowe, specjalne

2.5. Metody zapewnienia jakości

Wytwarzanie struktur kompozytowych AmargTank Composite® uwzględnia zachowanie odpowiednich warunków przetwórstwa i wieloetapowej kontroli (oraz zapisu w systemie komputerowym) parametrów z powodu złożoności procesu, co przekłada się na spełnienie wymogów jakościowych stawianych przez klienta.

2.5.1. Kontrola ilościowa i jakościowa surowca

Wytwarzanie konstrukcji kompozytowej zaczyna się już od etapu przyjęcia towaru do magazynu. Z tego względu wymaga się, by producent zbiorników / urządzeń zapewnił kontrolę ilościową i jakościową surowców – surowe składniki kompozytu powinny zostać zbadane pod kątem ich zgodności z deklaracjami producenta według odpowiednich norm branżowych.

Dla żywic należy oznaczyć takie parametry jak: reaktywność, zawartość części lotnych, lepkość, gęstość, liczbę kwasową, równoważnik epoksydowy, współczynnik załamania światła, czy nawet kolor.

Dla wzmocnień włóknistych kontroli należy poddać parametry takie jak gramatura, zawartość wilgoci, zawartość preparacji, kompatybilność z danym typem żywicy, wytrzymałość włókien elementarnych.

Dodatkowe składniki wchodzące w skład receptur produkcyjnych powinny zostać poddane kontroli według specyficznych wymogów i procedur kontrolnych.

Rodzaje dokumentów kontroli:

- Właściwości charakterystyczne materiałów wyjściowych muszą być zapewnione przez dostawcę i potwierdzone dokumentami kontroli, zgodnie z PN-EN 10204: 2006
- Żywice –świadcstwo odbioru „3.1”
- Utwardzacze, inicjatory i inne materiały dodatkowe – atest „2.2” zgodnie z PN-EN 10204: 2006
- Włókna szklane: maty, tkaniny, welony i rowingi – świadectwo odbioru „3.1”
- Wykładziny z tworzyw termoplastycznych– świadectwo odbioru „3.1”

2.5.2. Magazynowanie surowca

Surowiec, który spełnia kryteria oceny trafia do magazynu, skąd następnie jest wydawany do produkcji. W czasie magazynowania należy zachować reżim klimatyczny, zgodny z wytycznymi producentów surowców. Warunki magazynowania powinny być regularnie rejestrowane, a w razie wystąpienia skrajnych wartości lub znaczących wahań, należy wdrożyć działania zapobiegawcze. Podobnie wygląda sytuacja w przypadku samego procesu produkcyjnego, gdzie warunki klimatyczne należy weryfikować poprzez odpowiednie pomiary i regularnie rejestrować.

2.5.3. Wytwarzanie konstrukcji i badania materiałowe

Należy zapewnić, by prace produkcyjne były realizowane przez przeszkolony personel posiadający uprawnienia do wytwarzania kompozytowych struktur, potwierdzone pozytywnymi wynikami egzaminu Urzędu Dozoru Technicznego według wymagań / tematyki egzaminacyjnej dla personelu wykonującego laminowanie i klejenie zgodnie z CERT-03/PR/07/ZI 3/Wydanie 12 /13.04.2021.

Z wyrobów wytworzonych metodą AmargTank Composite® należy pobrać wycinki w celu przeprowadzenia badań materiałowych, potwierdzających właściwości materiału w stosunku do tych, które zostały użyte na etapie projektowania urządzenia. Badanie takie obejmuje przede wszystkim wytrzymałość i moduł sztywności w próbie statycznego rozciągania (w podstawowych kierunkach ułożenia wzmocnienia), wytrzymałość i moduł sztywności w próbie zginania (w podstawowych kierunkach ułożenia wzmocnienia), zawartość i rodzaj użytych wzmocnień włóknistych, twardość w skali Barcola.

W przypadku, gdy struktury kompozytowe podczas pracy urządzenia podlegać będą znaczącym siłom ściskającym, należy podczas projektowania uwzględnić ten fakt, a następnie potwierdzić eksperymentalnie na wycinkach pobranych z wyrobu, poprzez test wytrzymałości oraz modułu sztywności podczas ściskania (w kierunkach działającego obciążenia). W uzasadnionych przypadkach konieczne jest wykonanie testów odporności na odrywanie (*peel test*, *pull-off test*).

Gdy urządzenie wyposażone jest w warstwy posiadające zdolność odprowadzania ładunków elektrostatycznych należy potwierdzić tą właściwość poprzez badanie rezystywności powierzchniowej lub skrośnej. W przypadku zaawansowanych konstrukcji i obliczeń projektowych należy wykonać testy takie jak krótkoterminowa oraz długoterminowa wytrzymałość na pełzanie (*creep test*), temperatura ugięcia materiału pod obciążeniem cieplnym (HDT), temperatura przemiany szklistej (T_g).

Gdy urządzenie wykonywane jest z chemoodporną warstwą wykładziny termoplastycznej najpierw należy uznać kompetencje spawaczy lub zgrzewaczy wg PN-EN 13067, kolejno potwierdzić poprawność wykonania łączy (pełnego przetopu) poprzez test iskrowy z wykorzystaniem generatora prądu wysokiego napięcia (*spark test*). Niezbędne mogą być testy wytrzymałości na rozciąganie i zginanie dla spawów lub zgrzewów wykonanych w linerze.

Dodatkowo należy określić siłę przywierania kompozytu do termoplastu poprzez test wytrzymałości na ścinanie międzywarstwowe (*interlaminar shear test*), rozciąganie (*lap shear test*) czy odrywanie (*pull-off test*). Wartość tego parametru nie może być niższa niż wartość graniczna charakterystyczna dla danego materiału (np. według normy PN-EN 13121).

Dla specyficznych wymogów składowych urządzenia lub samego urządzenia należy przewidzieć testy dodatkowe np.: testy odporności chemicznej dla medium, dla którego brak jest danych literaturowych, test płynięcia termoplastu (MFR/MVR), indeks odporności tlenowej (OIT), ilość porów i pęcherzy powietrza, odporności na ogień, odporność na przenikanie przez ściany konkretnego rodzaju gazu (np. wodoru) i wiele innych.

W przypadku magazynowych zbiorników kompozytowych TWS/GRP tzw. „dozorowych” UDT odrębnie wymagane są certyfikaty jakościowe zgodnie z WUDT-UC-UTS/01:02.2017.

W metodzie nawoju ciągłego wymagany jest stosowanie integracji modułu sterującego tzw. Winding Commander, systemu S-bar friction tension unit (siła naciągu włókien – dla 32 wiązek włókna szklanego), a finalnie komputerowego systemu rejestracji ciągłej, raportowania pracy i przebiegu procesu QCS (Quality Control System) – by potwierdzić założone parametry w systemie tworzenia przebiegu ścieżek procesu, kątów nawoju, typu i ilości warstw – czyli w programie Winding Expert (kompatybilność – FEA export: Nastran, EsaComp, Abaqus i inne) oraz realizacji procesu. Tylko wówczas uzyskuje się pewność wykonania z założeniami projektowymi.

2.5.4. Sprawdzenie szczelności konstrukcji kompozytowej AmargTank Composite®

Wymaga się, by producent poddał sprawdzeniu gotowy produkt, spełniający ustalone wymogi, w zakresie szczelności poprzez test hydrostatyczny z użyciem wody lub ew. medium, do którego został przystosowany. Dla urządzeń ciśnieniowych należy zastosować próbę z dodatkowym nadciśnieniem, a dla podciśnieniowych próżnię, w celu symulacji prawdziwych warunków pracy urządzenia. W uzasadnionych przypadkach należy wykorzystać metody pozwalające „zaglądać” pod powierzchnię wyrobu w celu wykrycia i opisanie ewentualnych wad ukrytych, na przykład za pomocą badań nieniszczących NDT ultradźwiękowych (Olympus Omniscan) lub metody pomiaru emisji akustycznej.