

[WYWIAD]

Produkcja innowacyjnych zbiorników z tworzyw termoplastycznych metodą nawojową – co przemysł na niej zyska?

Inwestycja Amargo w linię technologiczną do produkcji beznaprężeniowych rur oraz cylindrów zbiorników z tworzywa termoplastycznego metodą nawojową nabrała tempa. Innowacyjna technologia pozwoli na realizację projektów, w których ze względu na warunki procesów przemysłowych zastosowanie tradycyjnie zgrzewanych zbiorników bywa utrudnione. Dodatkowo umożliwi budowę zbiorników, wykonanie urządzeń czy aparatów wedle koncepcji inwestora w ramach samodzielnej niezależnej realizacji – przy wykorzystaniu półproduktu w postaci zakupionego cylindra / rury.

Prace nad wdrożeniem technologii trwają od 2019 roku i są pokłosiem nieustającego postępu technologicznego, konkurencyjności na rynku zbiorników, jak również restrykcyjnych zapisów prawnych w zakresie ochrony środowiska, które zobowiązują do ulepszania dotychczasowych rozwiązań. Wszystko po to, by w pełni bezpiecznie magazynować substancje agresywne o wysokiej reaktywności, zapewniając bezpieczeństwo personelowi i dbając o mienie przedsiębiorstw produkcyjnych.

Na początku drogi przedstawiciele Amargo przeprowadzili niezbędne analizy techniczne i wzięli udział w panelach eksperckich. Obecnie, po miesiącach pracy nad projektem, uzyskaniu opinii o innowacyjności i podpisaniu umowy, prace inwestycyjne weszły na zaawansowany poziom.

Z Piotrem Daszkowskim, project managerem w firmie Amargo, rozmawiamy o specyfice technologii nawojowej, cechach świadczących o jej innowacyjności oraz korzyściach w zakresie bezpieczeństwa, ekonomii i ekologii, jakie przyniesie projektantom, inwestorom i przyszłym użytkownikom.

Beata Godawa: Dotychczas w Amargo zbiorniki chemoodporne produkowaliśmy wyłącznie na zasadzie zgrzewania i spawania gotowych płyt tworzywa (tzw. zbiorniki AmargTank ClassicWeld). Na horyzoncie już dość wyraźnie rysuje się wdrożenie nowej technologii nawojowej, która otworzy drzwi do większego spektrum zastosowań. Zanim opowiemy o możliwościach i aspektach technicznych wpływających na kwestie nie tylko bezpieczeństwa, ale także te ekonomiczne i ekologiczne, wskaż proszę na czym polega zasadnicza różnica obu tych technologii?

Piotr Daszkowski: W dużym skrócie technologia produkcji zbiorników AmargTank ClassicWeld z wykorzystaniem półproduktów – czyli wspomnianych przez Ciebie płaskich płyt ekstrudowanego tworzywa oraz drutu spawalniczego w formie zwojów – opiera się na wykorzystaniu gotowych arkuszy o stałych wymiarach handlowych np. 2000 x 1000 mm, 3000 x 1500 mm, 4000 x 2000 mm oraz stałych grubościach. Poszczególne arkusze tnjemy, a następnie zgrzewamy oraz spawamy ekstruzyjnie lub gorącym powietrzem.

Z kolei wdrażana przez nas technologia nawojowa opiera się o system ekstrudowanych ścianek i profili nakładanych w jednoczesnym procesie wraz z podgrzewaniem stalowego obrotowego rdzenia prowadzącego (swego rodzaju formy usuwanej po ostygnięciu i przy zmianie średnicy). W kolejnym etapie następuje dalsza obróbka znana z sektora termoplastów. W efekcie powstaje bezspoinowa, uformowana na dany kształt i wymiar rura – czyli nasza część cylindryczna zbiornika – pobocznicą, z wyeliminowaniem większości barier i ograniczeń związanych z wytwarzaniem zbiorników z prefabrykowanych płyt tworzywa. Sama produkcja dzięki nowej linii będzie odbywać się zgodnie z normą europejską DIN 16 961 i zależnie od formy zakończenia odcinków rur do dostaw będą dołączane certyfikaty jakości, w tym według normy EN 10 204-2.2.

Dla odróżnienia od standardowej technologii nazewnictwo zbiorników produkowanych metodą nawojową jest następujące:

- zbiorniki **AmargTank SafeSeamLess**, czyli wykonane nawojowo jako lita pełna ścianka – bez naprężeń,
- zbiorniki wykonane nawojowo jako ścianka lita wewnątrz + wzmocnienie profilem okrągłym lub prostokątnym:
 - **AmargTank MultiLayer** – profilowanie, bez zewnętrznej powłoki,
 - **AmargTank MultiLayer DoubleWall** – profilowanie + warstwa zewnętrzna.

Podkreślę w tym miejscu, że nie jest to standardowa technologia nawojowa, którą stosują głównie producenci rur kanalizacyjnych dużych średnic, gdzie możliwe jest uzyskanie jednego profilu. Ścianka wewnętrzna takiego profilu jest zbyt cienka do zastosowań przemysłowych i nie jest odporna na związki będące silnymi utleniaczami, a dodatkowo jest narażona na pęcznienie tworzywa czy częściową migrację medium w termoplast. Takie rozwiązanie nie pozwala na dopuszczenie produktu do zaawansowanych aplikacji, w tym wykonywania zbiorników magazynowych, które podlegają pod dozór techniczny UDT.

BG: Jakie znaczenie w kontekście parametrów, które warunkują konkretne zastosowanie (tj. medium, temperatura) oraz zapewnienia odpowiedniej pojemności i gabarytów zbiornika ma nowa technologia?

PD: Porównując obie technologie, w pierwszym przypadku wymiar zbiornika jest ograniczony formatem arkuszy oraz

obróbką mechaniczną i spawaniem czy zgrzewaniem. To umożliwi nam wykonanie cylindrów do wysokości jedynie 4 m (inne opcje to połączenia mufowe, fazowanie krawędzi, centrowanie czy spawy potrójne, które są obarczone błędem, czasochłonne i kosztowne w wykonaniu oraz skupiające miejscowe naprężenia). Poza wysokością zbiornika dochodzą znaczne ograniczenia co do średnicy, wynikające z braku możliwości zwijania płaskich arkuszy tworzywa i uwarunkowania normowe z uwagi na fakt nieprzekraczania dopuszczalnych naprężeń wewnątrz materiałów.

W odróżnieniu od zbiorników wytwarzanych w sposób tradycyjny posiadających zamknięty zakres wymiarowy wdrażana przez nas technologia nawojowa pozwala uzyskać duże pojemności. Dla porównania średnica zbiornika może wynieść ok. 4–4,5 metra, a długość cylindra 5–6 metrów (zależnie od długości walca, tzw. mandrela), z możliwością podwójnego wydłużenia za pomocą spawu wykonywanego przez robot znajdujący się na stanowisku obok linii. Poza samą linią inwestycja obejmuje także zespół czterech suwnic w obu nawach nowej hali o wysokości 19 metrów, co umożliwi produkcję zbiorników o łącznej wysokości czy długości rzędu 10–13 metrów.

Przy produkcji z płyt, nawet przy wykorzystaniu zgrzewarki liniowej o długości 4000 mm i największych dostępnych handlowo arkuszy tj. 4000 x 2000 mm, konieczne jest wykonanie dodatkowych połączeń spawanych, co z kolei wymusza inny schemat obliczeń, uwzględnienie współczynników spoin w cylindrze oraz oczywiście czas potrzebny na obustronne zespawanie ekstruderem przykładowo obu cylindrów.

Oczywiście poza samymi możliwościami gabarytowymi zbiorników różnic między obiema technologiami jest znacznie więcej.

BG: Zapewne spotkałeś się z sytuacją, w której produkcja zbiornika z arkuszy tworzywa była niemożliwa ze względu na rodzaj czynnika roboczego, temperaturę pracy czy zapisy normy DVS?

PD: Tak, ale zanim wskażę konkretny przykład chciałbym wspomnieć, że w wielu procesach technologicznych wykorzystuje się substancje o znacznym stężeniu i gęstości oraz wysokiej temperaturze pracy. Gdy dojdą do tego ograniczenia przestrzeni to przy doborze zbiornika okazuje się, że sama geometria nie pozwoli zachować jego odpowiedniej pojemności.



AmargTank SafeSeamLess



AmargTank MultiLayer



AmargTank MultiLayer DoubleWall



Produkcja zbiorników z wykorzystaniem gotowych arkuszy tworzywa

Z powodu sztywności, wysokiej wartości modułu elastyczności poszczególnych rodzajów tworzyw dąży się do ograniczania powstawania szkodliwych naprężeń wewnątrzmaterialowych w wyniku zwijania arkuszy. Wskazania i wytyczne w zakresie możliwości wykonania cylindrów z płyt płaskich zawarte są w opracowaniu DVS (tab. 1).

Uwzględniając powyższe, wytyczne w skrajnych przypadkach dopuszczalna grubość zbiornika może wynieść maksymalnie jedynie 5–6 mm – co niestety jest niewystarczające do przeniesienia obciążeń. Chcąc zwiększyć grubość należałoby wykonywać skomplikowany, czasochłonny i drogi proces temprowania lub relaksacji tworzywa (podgrzewanie płyt materiału w całej objętości i przekroju przed rozpoczęciem procesu zwijania lub tzw. odprężanie materiału), a co za tym idzie – byłoby nieracjonalne kosztowo. Natomiast stosując nowoczesną technologię beznaprężeniowej ekstruzji wstęgi tworzywa – od razu na dany kształt – możemy wykonać analogiczny zbiornik z grubością ścianki litej nawet rzędu 100 mm.

Powróć do przykładu, który dotyczył realizacji dla jednego z przedsiębiorstw chemicznych. Ze względu na parametry pracy zbiornika procesowego tj. mieszaninę, w której znaczną ilość stanowił kwas fosforowy o stężeniu do 45% oraz temperaturze roboczej 80 st. C (krótkotrwałej 85 st. C), na bazie obliczeń otrzymaliśmy minimalną grubość ścianki wynoszącą 40 mm. To z kolei, po uwzględnieniu dopuszczalnego wskaźnika wydłużenia struktur krawędziowych ϵ , który dla tworzywa polipropylenu homopolimeru typ PP-H (np. oznaczenie handlowe Simona PP-DWU AlphaPlus) wedle normy DVS wynosi 0,5, dało nam informację o możliwości wykonania cylindra o średnicy minimum aż 8000 mm. Dopiero taka wielkość pozwoliłaby uniknąć przekroczenia maksymalnych dopuszczalnych sił i naprężeń wewnątrzmaterialowych. Projekt naszego Klienta zakładał natomiast kilkukrotnie mniejszą średnicę.

Możliwości techniczne maszyny zgrzewającej oraz zwijającej w cylinder dawały możliwość pokonania sił oporu i zwinienia płyt o grubości nawet 30–50 mm, ale w przekroju ścianki powstałyby nadmierne naprężenia.



Produkcja bezspoinowych zbiorników w technologii nawojowej

Tab. 1. Zależność między grubością ścianek zbiornika a minimalną średnicą cylindra (mm) według normy DVS.

Materiał	Wskaźnik ϵ	Grubość ścianki	Min. średnica cylindra
PE-HD (PE 63, PE 80, PE 100)	1.0	6	600
		8	800
		10	1000
		12	1200
		15	1500
		20	2000
PP-H	0.5	30	3000
		6	1200
		8	1600
		10	2000
		12	2400
		15	3000
PP-B	0.75	20	4000
		30	6000
		6	900
		8	1200
		10	1500
		12	1800
PP-R	1.0	15	2000
		20	3000
		30	4000
		6	600
		8	800
		10	1000
PVDF	0.5	12	1200
		15	1500
		20	2000
		30	3000
		6	1200
PVC-U	0.2	8	1600
		10	2000
		12	2400
		15	2000
		5	2500
PVC-C	0.1	6	3000
		8	4000
		10	5000
		12	6000
		4	4000
		5	5000
		6	6000

W związku z tym wykonanie takiego zbiornika z gotowych płyt tworzywa nie byłoby możliwe ze względu na naprężenia, które mogą pojawić się w płycie i w dalszym okresie eksploatacji mogłyby skutkować propagacją pęknięć do kolejnych warstw materiału, całkowitym uszkodzeniem ścianek zbiornika, nieszczelnością i trwałą awarią.

Receptą na to było zastosowanie cylindra wykonanego metodą beznaprężeniowej ekstruzji wstęgi termoplastycznego tworzywa, czyli systemem nawojowym. Rura nawojowa jest materiałem, w którym stres w tworzywie jest mniejszy i bezpiecznie możemy dokładać milimetrów na grubości ścianki. Daje to większą swobodę projektowania, wykraczającą poza ograniczenia wynikające z normy DVS.

Dzięki ekstruzji na gorąco połączonej z jednoczesnym formowaniem kształtu unikamy pojawienia się naprężeń wewnątrzmaterialowych, co pozwala na wykonanie zbiorników o nawet małej średnicy, ale z dużą grubością ścianki litej (np. zbiornik o średnicy 1800 mm i grubości ścianki rzędu 30–50 mm). W praktyce możliwa staje się realizacja zbiorników na większą grupę środków chemicznych i pracujących w wysokich temperaturach (zależą one od rodzaju tworzywa, średnio jest to 80 st. C), z substancjami skrajnie niebezpiecznymi, gazami z biofiltracji, unieszkodliwiania odpadów.

To informacje, które mogą mieć znaczenie dla projektantów, którzy planują zbiornik dostosowując jego wymiary do powierzchni, jaką dysponują – niestety dobór technologii wykonania jest zależny od wielu czynników.

BG: To wszystko o czym mówisz jest ważne nie tylko dla projektantów i technologów ze względu na szeroki wachlarz zastosowań, jak również dla działów inwestycyjnych pod kątem korzyści ekonomicznych, jakie daje technologia nawojowa. Co konkretnie wpływa na oszczędności?

PD: Zgadza się. Przy wykonaniu zbiornika metodą nawojową wytłaczamy na linii produkcyjnej płynną wstęgę tworzywa o konkretnej, wręcz dowolnej grubości (ale wynikającej ze statyki!). Do tego po produkcji pozostaje jedynie ograniczona ilość odpadów materiału, którą możemy ponownie użyć na linii do mniej wymagających zastosowań. Przy wykorzystaniu płyt jesteśmy zmuszeni obliczoną w programie grubość ścianki podnieść w górę, stosownie do wielkości handlowych.

Dodatkowo w przypadku zbiorników o wysokościach np. 4 czy 6 m, w dolnej partii zbiornika ciśnienie jest większe/siły są większe, w związku z czym w tej części ścianka jest grubsza i zmniejsza się ku górze. Z reguły ze względów ekonomicznych jej wysokość jest zależna od wymiaru handlowego płyty tworzywa – czyli założmy przy wykorzystaniu płyt o wymiarach 3000 x 1500 mm stosujemy racjonalnie do szerokości płyty 1500 mm jedną, większą grubość tworzywa, a dopiero wyżej cieńszą. Z kolei rury nawijane helikalnie pozwalają na optymalne wykorzystanie tworzywa z różną grubością, stopniując ją np. co 20–30 cm, zależnie od wysokości zbiornika. W przypadku budowy zbiornika o takich samych gabarytach i funkcji oszczędności materiałowe względem produkcji z pojedynczych arkuszy mogą wynosić nawet 27%.

Jeśli dodatkowo pod uwagę weźmiemy brak odpadów z dostępnych na rynku wielkości płyt, brak zużycia spoiwa (drotu spawalniczego), możliwość zastosowania mniejszych grubości ścianek (pamiętajmy, że statyka liczona dla płyty spawanej narzuca uwzględnienie w obliczeniach współczynników osłabienia spoin, a tym samym wymusza stosowanie większej grubości ścianki), to w efekcie spadek ilości tworzywa do produkcji metodą nawojową może wynieść nawet 38%. Dodatkowo dzięki technologii możemy wykonać zbiornik pionowy o litej ściance i z profilem, co dodatkowo wpływa na zmniejszenie wagi zbiornika.

To wszystko przynosi nie tylko korzyści ekonomiczne dla inwestorów – warto podkreślić ekologiczny aspekt technologii, którego największym beneficjentem jest nasza planeta.

BG: Pozostając jeszcze przy konstrukcji zbiorników produkowanych metodą nawojową warto podkreślić, co pokrótce zostało już naznaczone wcześniej, że specyfika wytwarzania rur wiąże się z brakiem miejsc zgrzewów na cylindrze. Jakie to ma znaczenie pod kątem bezpiecznej eksploatacji i żywotności zbiorników?

PD: Już na etapie obliczeń statyki zbiornika program dla tej samej geometrii i warunków pracy pozwala zastosować mniejszą grubość tworzywa nawijanego helikalnie beznaprężeniowo i bezspoinowo. Tym samym konstrukcja cylindra, nawet o dużych gabarytach, jest pozbawiona szwów, czyli miejsc zgrzewu, które to – przy uwzględnieniu współczynników redukcyjnych – wpływają wymiernie na wzrost grubości ścianek, aby uzyskać optymalną wytrzymałość zbiornika. Warto nadmienić, że wytrzymałość konstrukcji warunkowana jest wytrzymałością najsłabszych miejsc – w tym wypadku spoin / zgrzein. Cylindry pozbawione spoin / zgrzein płyt są bezpieczniejsze, ponieważ miejsca narażone na nieszczelność są całkowicie wyeliminowane.

BG: Wiemy już, że zbiorniki z rury nawojowej można wykorzystać do zastosowań, dla których statyka zgrzewanego klasycznie zbiornika osiąga punkt krytyczny. Co poza optymalną i racjonalną konstrukcją zbiornika może dać użytkownikom nowa technologia od strony materiałowej?

PD: W zależności od konkretnych potrzeb klienta do produkcji takich zbiorników możemy zastosować szeroką gamę tworzyw, w tym polietylen HDPE, PE 100 RC (Resistance to Crack – odporny na propagację pęknięć), polipropylen PP-R, PP-B, PE-EL (elektroprzewodzący), PP-S (trudnozapałny) czy PPS-EL.

W produkcji metodą nawojową mamy możliwość użycia granulatu – zarówno w formie pierwotnej, jak i mieszanek z dodatkami specjalistycznymi i pigmentami oraz dodatkami stabilizującymi na UV i wpływ warunków zewnętrznych. Wśród takich granulatów modyfikowanych



Zbiornik chemoodporny zgrzewany z płyt – widoczne miejsce zgrzewu płyty

mogę jako przykład podać polietylen Hostalen typ PE-RT (Resistance to Temperature) o podwyższonej odporności cieplnej, dający możliwość projektowania polietylenowych zbiorników odpornych na temperaturę 80 st. C. oraz wykazujący wysoką odporność na większość niebezpiecznych substancji chemicznych, w szerokim zakresie ich stężeń. Takie rozwiązanie znajduje zastosowanie np. przy produkcji zasobników do odzysku ciepła z agresywnych ścieków przemysłowych – tzw. akumulatorów ciepła / chłodu i to w wykonaniu w pełni chemoodpornym. Dzięki niemu wykonawca instalacji w zakres których wchodzi zbiorniki chemoodporne, bez ryzyka zapewni długi okres gwarancji, a użytkownik końcowy zyska realne oszczędności kosztów utrzymania ruchu, gdyż zbiorniki nie będą wymagały częstych konserwacji i przeglądów.

Poza wspomnianym przykładem użycie granulatu modyfikowanego oraz z włóknem szklanym w strukturze tworzywa umożliwia stosowanie zbiorników w zaawansowanych aplikacjach, co daje jeszcze większą swobodę projektowania i aplikacji w obszarach, w których zwyczajnie tworzywo nie było dedykowane.

Wykorzystanie dodatkowych włókien w tworzywie jest innowacją, którą będziemy sukcesywnie rozwijać. Mają one wpływ na zwiększenie sztywności i odporności na ciśnienie, które odgrywa ważną rolę w procesie wymiarowania zbiornika i wynika z rodzaju medium (jego gęstości i lepkości).



Przykład zbiornika bezszwowego, wyprodukowanego w technologii nawojowej

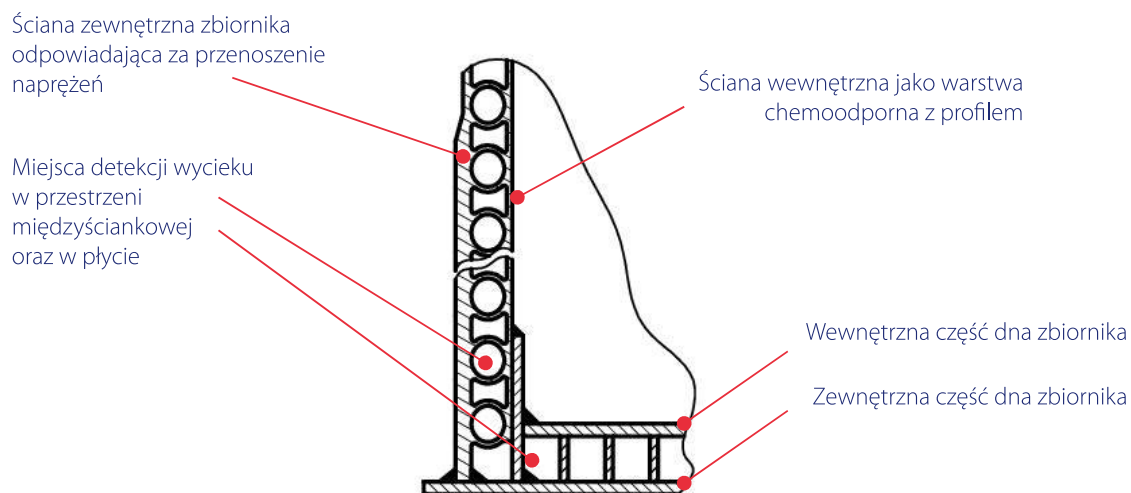
BG: Powróćmy do kwestii bezpieczeństwa – w standardowej technologii w celu kontroli poziomu medium czy stanu przepełnienia wykonuje się drugi płaszcz o pełnej wytrzymałości (tzw. zbiornik w zbiorniku), a następnie zabudowuje się sondę detekcji wycieku działającą na zasadzie przewodzenia elektrycznego lub pływak. Bywają to jednak systemy mało dokładne i mało efektywne, ale są one najbardziej optymalne dla takich konstrukcji. Jak to wygląda przy zbiornikach nawojowych?

PD: W standardowej technologii realizuje się konstrukcje dwupłaszczowe z monitoringiem „zewnętrzny” lub wykonuje się wannę wychwytyjącą. Przy zbiornikach wykonywanych innowacyjną technologią nawojową stosujemy tworzywowy system dwucienny, co daje nam możliwość monitorowania części międzywarstwowej. Jednym słowem mamy warunki do aplikacji w przestrzeni międzyściankowej tworzywa np. systemu nad- lub podciśnieniowego monitoringu szczelności / detekcji wycieków. To daje użytkownikowi zbiornika możliwość precyzyjnego pomiaru zmian ciśnienia pomiędzy obiema płaszczynami zbiornika: wewnętrzną i zewnętrzną.

BG: Jakie dodatkowe korzyści niesie za sobą konstrukcja dwucienna pod kątem zastosowania zbiorników?

PD: W przeciwieństwie do zbiorników wykonywanych z jednolitych materiałów, z uwagi na brak znajomości technik łączenia zróżnicowanych warstw, w przypadku

Poglądowy schemat systemu dwuściennego z detekcją przestrzeni międzywarstwowej (AmargTank MultiLayer DoubleWall)



konstrukcji cylindra metodą nawojową możemy wykonać ściankę dwuwarstwową z szerokiej gamy różnych od siebie materiałów. To zapewnia zmnożone korzyści wykorzystywania (mam tu na myśli możliwość wykonania ścianki wewnętrznej (mającej kontakt z medium) z materiału o innych właściwościach niż część zewnętrzna – konstrukcyjna zbiornika).

Dodatkowo takie rozwiązanie może stanowić od strony użytkowej np. barierę antydyfuzyjną lub służyć do monitorowania stanu zbiornika (np. w przypadku zbiorników z mieszałem dzięki wewnętrznej warstwie w innym kolorze możemy sprawniej dokonywać weryfikacji stopnia ścierania się tejże warstwy).

Od strony ekonomicznej konstrukcja dwuścienne daje nam możliwość użycia tańszego materiału na zewnątrz zbiornika, a wewnątrz – zależnie od przeznaczenia – np. z atestem PZH – Państwowego Zakładu Higieny. Do tego dochodzi możliwość budowy zbiornika z zabudowaną warstwą izolacji (np. profil wypełniony poliuretanem), co w przypadku zbiorników zewnętrznych bywa niezwykle istotne.

BG: Wskaż proszę na koniec najważniejsze linie produktowe z zakresu zbiorników wytwarzanych omawianą technologią nawojową, które obecnie oferuje Amargo?

PD: Wśród obecnie oferowanych rozwiązań znajdują się:

- chemoodporne zbiorniki magazynowe dozorowe na kwas siarkowy H₂SO₄ o stężeniu 96-98% o jednolitej w przekroju ściance litej,
- dwuścienne zbiorniki tworzywowe magazynowe UDT podziemne odcieków kwasu siarkowego (VI), popłuczyn, ścieków przemysłowych wraz z modułową chemoodporną pompownią,
- dwuścienne zbiorniki magazynowe UDT podziemne

- np. na koagulanty PIX wraz z izolacją i ogrzewaniem,
- zasobniki ścieków w ramach pomp ciepła (odzysk ciepła ze ścieków) oraz akumulatory gorącej wody i chemikaliów, a także agresywnych ścieków przemysłowych,
- komory i obudowy zasuw lub pomp wykonane z niekorodującego odpornego tworzywa polietylenu wysokiej gęstości PE-HD,
- poziomy odstojnik popłuczyn z rury dwuściennej z gładkimi ściankami – zewnętrzną czarną, gwarantującą pełną odporność na promieniowanie UV i wewnętrzną jasną ułatwiającą inspekcję wraz z układem pompowym wody nadosadowej i zintegrowanym wspawanym ekstruzyjnie fabrycznie pionem tłocznym oraz systemem sterowania – jako kompletne działające urządzenie.

Oczywiście w zależności od zastosowania i konkretnych potrzeb, zbiorniki wyposażamy w kominy z włazami i pokrywami oraz systemy detekcji wycieku do przestrzeni międzyściankowej, czujniki pomiaru poziomu, sygnalizacji napełnienia itp. o których już wcześniej nieco wspominałem. Do współpracy zapraszamy zarówno projektantów, jak również przedstawicieli działów technicznych i utrzymania ruchu reprezentujących zakłady, w których wykorzystywane są substancje żrące o wysokich stężeniach, gęstości oraz temperaturze pracy – wspólnie sprostamy wszelkim wyzwaniom technicznym.

BG: Dziękuję za precyzyjne omówienie poszczególnych cech innowacyjnej technologii produkcji zbiorników chemoodpornych metodą nawojową i wskazanie przykładowych zastosowań. Konkretnie korzyści pod kątem bezpieczeństwa, ekonomii i ekologii potwierdzają, że nie jest to wizja szklanych domów, a odpowiedź na realne potrzeby przemysłu. ■