

KOMPAS

www.belse.com.pl

Wydanie I • 2026

Kurs na kompozyt

ROZMOWY O ROZWIĄZANIACH
SPRAWDZONYCH W PRZEMYSŁE

Z JAROSŁAWEM MALINOWSKIM
I DANIELEM NIEMYŃSKIM
Zakłady Fosforowe Gdańsk

Z KRZYSZTOFEM MIERZECKIM
PC Divers

Z EDYTĄ AUGUSTYNIĄK
I ŁUKASZEM SKIBĄ
Sebeco


BELZONA®

W ŚRODOWISKU MORSKIM

BELSE **35** BELZONA

TRZYDZIEŚCI PIĘĆ LAT WSPÓLNIE NA POLSKIM RYNKU



BELZONA®

SUPERMETAL SUPER MOŻLIWOŚCI

Najczęściej stosowany materiał BELZONA®



Spis treści

Wstęp	4-5
Technika mocowania tulei łożyskowych elementów steru na kompozycie polimerowym	6
Ochrona przeciwkorozyjna połączeń śrubowych	12
O rozwiązaniach, które sprawdzają się w trudnych warunkach	14
O podwodnej naprawie, która uratowała prom	15
Belse z wyróżnieniem „Bursztynowe Serce”	16
Skuteczna ochrona połączeń śrubowych przed zapiekaniem i korozją	18
Dlaczego Belzona? Zastosowania w polskich zakładach	20
Zgrany zespół to podstawa!	24
O tym, jak dokonują rzeczy niemożliwych z użyciem materiałów Belzona – na morzu i na lądzie	25
Współpraca Belse z Uniwersytetem Morskim	26
Posadowienie na kompozycie polimerowym to także ochrona przeciwkorozyjna	28
Seminarium techniczne w Szczecinie	30

BELSE 35 BELZONA

Kolejny rok się rozpoczął. Rok szczególny dla nas – to 35-ta rocznica (KORALOWA) współpracy z firmą BELZONA®, a dla Państwa kolejny rok, kiedy będziemy służyć doradztwem i proponowali rozwiązania opracowane właśnie na gruncie tej 35-letniej obecności na rynku.

35 lat – to doświadczenie zapisane w setkach napraw, dziesiątkach wdrożeń i w zaufaniu, które buduje się latami. Przez ponad trzy dekady materiały kompozytowe towarzyszą nam w rozwiązywaniu realnych problemów technicznych: od awaryjnych napraw maszyn produkcyjnych, przez zabezpieczenia antykorozyjne instalacji przemysłowych, aż po wymagające zastosowania w gospodarce morskiej – w stoczniach, na statkach i w infrastrukturze portowej. To właśnie praktyka, a nie teoria, ukształtowała nasze podejście do nowoczesnych technologii naprawczych.

Kiedy w latach 90. kompozyty zaczynały torować sobie drogę w polskim przemyśle, były postrzegane jako rozwiązania niszowe, często traktowane z rezerwą. Dziś są one pełnoprawną alternatywą dla tradycyjnych metod remontowych – szybszą, bardziej elastyczną i nierzadko znacznie bardziej ekonomiczną. Przez 35 lat obserwowaliśmy tę transformację z bliska, aktywnie w niej uczestnicząc i współtworząc standardy praktycznego wykorzystania materiałów kompozytowych w warunkach przemysłowych.

Szczególne miejsce w tej historii zajmuje wieloletnia współpraca z firmą BELZONA® – światowym liderem w dziedzinie kompozytów polimerowych do napraw, regeneracji i ochrony urządzeń. Trzy i pół dekady partnerstwa to coś więcej niż relacja handlowa. To stały transfer wiedzy, technologii i najlepszych praktyk, które sprawdziły się w najbardziej wymagających zakątkach świata: od platform wiertniczych, przez elektrownie, po flotę morską operującą w ekstremalnych warunkach. Dzięki tej współpracy globalne rozwiązania mogły zostać skutecznie zaadaptowane do realiów polskiego przemysłu – z uwzględnieniem lokalnych uwarunkowań technicznych, ekonomicznych i organizacyjnych.

Gospodarka morska od zawsze stawiała przed inżynierami szczególne wyzwania. Korozja, zmęczenie materiałów, ograniczony czas postoju jednostek i wysoka cena przestojów sprawiają, że liczy się każda godzina i każda decyzja technologiczna. Kompozyty znalazły tu naturalne zastosowanie – umożliwiając naprawy „na zimno”, bez spawania i demontażu, często bezpośrednio na statku lub w stoczni, przy zachowaniu najwyższych standardów bezpieczeństwa i trwałości. Doświadczenia zebrane na morzu wielokrotnie procentowały później w innych sektorach przemysłu.



Niniejszy numer KOMPASU jest zaproszeniem do spojrzenia na materiały kompozytowe jak na dojrzałe narzędzie inżynierskie, sprawdzone w praktyce przez 35 lat ciągłych zastosowań. To także opowieść o ludziach, partnerstwach i konsekwentnym przenoszeniu światowych rozwiązań na grunt polski – z myślą o trwałości, bezpieczeństwie i realnych korzyściach dla przemysłu.

Zapraszamy, poza lekturą KOMPASU, do kontaktu bezpośrednio oraz do udziału w wydarzeniach inżynierskich, gdzie na platformie wielu doświadczeń prezentowanych zarówno przez nas jak i użytkowników będziecie mogli Państwo znaleźć inspirację do rozwiązywania Waszych problemów technicznych.

Zapraszam

Wiesław
Kuczek

REGENERACJA TO PRZYSZŁOŚĆ



Gospodarka, w której liczy się na pierwszym miejscu cena i w której pozyskujemy duże ilości surowców w celu wytworzenia końcowego produktu pasującego do kryterium „najniższa cena”, stawia na gotowy produkt o krótkim cyklu życia, który ostatecznie wyrzucamy (odpad). Taki linearny model może doprowadzić w końcowej fazie do całkowitej utraty surowców niezbędnych do produkcji. Co zrobimy gdy nie będzie z czego produkować? Warto zatem już teraz pomyśleć nad zmianą podejścia do dostępnych zasobów tj. w jaki sposób możemy zmniejszyć tempo zużycia surowców przy zaspokojeniu dotychczasowego zapotrzebowania na produkty gotowe. Przełom może nastąpić przy zmianie myślenia, w którym coś co traktowaliśmy jako odpad stanie się surowcem. Regeneracja, naprawianie i odnawianie to podstawowe praktyki, które bazują w oparciu o taką ideę - zanim coś wyrzucimy „na złom” rozważmy pełnowartościową regenerację. Wieloletnie doświadczenie w remontach i naprawach z wykorzystaniem kompozytów polimerowych Belzona® utwierdza nas w przekonaniu, że możliwe jest takie odtworzenie zużytego elementu, które nie tylko przywraca pierwotny jego stan ale i wydłuża jego czas eksploatacji. W skrócie możemy powiedzieć, że często naprawione jest lepsze niż nowe! Regeneracja elementów (wirników, korpusów) pomp wirowych, poprawa jakości osadzenia wciskowego czy posadowienia maszyny, to praktyka prowadząca do zwiększenia trwałości i wydajności oferowanych produktów. Regeneracja to ok. 70-80% niższe zapotrzebowanie na energię w stosunku do energochłonności przy wytwarzaniu elementu nowego a czas potrzebny na naprawy i regenerację to często nie więcej niż 24-48 godzin, więc nie czekamy tygodniami na dostawę nowego elementu. To wydanie czasopisma zawiera opis wielu zastosowań kompozytów Belzona®, które potwierdzają opisane efekty stosowania regeneracji w praktyce remontowej. W artykule „Kurs na kompozyt” opisano wręcz filozoficzną zmianę w podejściu do połączeń współpracujących ze sobą elementów metalowych takich jak tuleja łożyskowa/gniazdo stalowe w układzie łożyskowania steru okrętowego, gdzie najwyższą obciążalność takiego węzła przypisuje się metodzie osadzenia z dociskiem (wcisk pasowania). Okazało się, że gdy zamiast wcisku zastosujemy osadzenie na kompozycie polimerowym, zanotujemy bardzo znaczący wzrost obciążalności, dodatkowo uzyskamy niedostępną dla styku metal/metal tłumienność oraz zahamowanie procesów korozyjnych. Ostatecznie wybór nowego podejścia w praktyce warsztatowej wnosi zwiększenie trwałości i niezawodności tak bardzo charakterystyczne cechy dla gospodarki obiegu zamkniętego.

Życzę miłej lektury!

Roman Masek

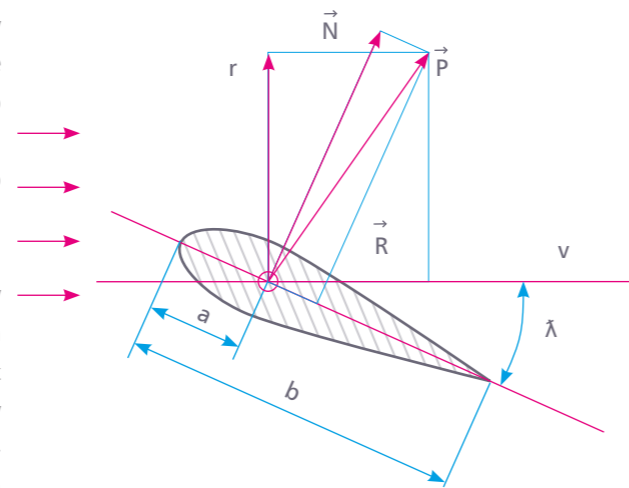
BELSE

Kurs na kompozyt

Technika mocowania tulei łożyskowych elementów steru na kompozycie polimerowym

Opracowanie:
Roman Masek
Dyrektor Techniczny Belse

Urządzenie sterowe klasyczne składające się z maszyny sterowej, pletwy i trzonu steru poddane jest bardzo dużym obciążeniom wynikającym ze zmiennych warunków pracy. W wypadku steru opływowego, wykonanego w kształcie płata można analizować pole sił w podobny sposób jak dla płata w aerodynamice. Dla przykładu kąt wychylenia steru będzie tym samym co w aerodynamice kąt natarcia na płat, a powierzchnia steru będzie równoznaczna z powierzchnią płata aerodynamicznego. Podstawową siłą dla płata jest siła nośna (L) i również na powierzchni steru (pletwy) jest ona generowana w taki sposób aby osiągała największą wartość przy jednocześnie najmniejszym oporze R (rys.1.). Wartość siły nośnej decyduje o zwrotności okrętu natomiast opór steru wpływa na zwiększenie oporu całego okrętu. Korzystny wpływ siły nośnej na zdolności manewrowe okrętu jest powodem dla którego praktycznie zrezygnowano z konstruowania pletwy jako płata płaskiego na którym praktycznie nie występuje siła nośna. Istnieje wiele profili (przekrój poprzeczny płata steru Tablica 1.) standardowych, które wykorzystuje się w projektowaniu układu sterowego okrętów, mających wpływ na rozkład obciążeń w węzłach mocowania steru do kadłuba.



Rys. 1. Rozkład sił działających na profil wychylony pod kątem w stosunku do kierunku przepływającej cieczy; L – siła nośna, R – siła oporu, P – siła hydrodynamiczna (N i T – siła kolejno : normalna i styczna do osi symetrii profilu), v – prędkość cieczy, α – kąt wychylenia profilu

Opisane siły jakie występują w wyniku opływu pletwy sterowej przenoszone są na kadłub okrętu poprzez podpory mocowania steru, z systemem łożyskowania trzonu (łożysko górne rys.2), czopa i wału steru gdy ten występuje. Wypadkowa siła hydrodynamiczna P, którą w tym przypadku nazywamy siłą naporu na ster i oznaczamy P_s , wraz z siłami wywołanymi montażem stanowią sumaryczny nacisk na węzły łożyskowania steru.

Określenie siły naporu P_s działającej na pletwę steru można dokonać w oparciu o następujący wzór:

$$\text{wzór 1.1} \quad P_s = 132 K_1 \times K_2 \times A \times (v_m \times K_3)^2 \quad [\text{N}]$$

Gdzie :

K_1 - współczynnik zależny od stosunku wymiarów pletwy steru

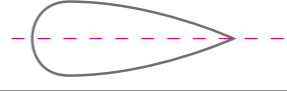
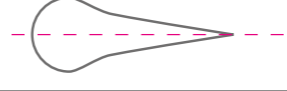

$$\text{wzór 1.2} \quad K_1 = \frac{(a+2)}{3}$$

$$\text{wzór 1.3} \quad a = \frac{b}{A_1}, \text{ lecz nie więcej niż } 2.0$$

A_1 – suma pola powierzchni pletwy steru A i pola powierzchni ramienia sterowego lub wspornika steru [m²]

b – średnia wysokość pletwy steru [m]

K_2 – współczynnik zależny od rodzaju profilu pletwy steru zgodnie z Tablicą 1.

TYPY PROFILI	K_2	
	bieg naprzód	bieg wstecz
Profil NACA - 00, Göttingen 	1,1	0,80
Profile wklęsłe 	1,35	0,90
Profile płaskie 	1,1	0,90

Tablica 1. Współczynnik K_2 zależny od rodzaju profilu konieczny do obliczenia (wg wzoru 1.1) naporu działającego na powierzchnię pletwy

A – pole powierzchni pletwy steru

v_m – prędkość maksymalna krótkotrwała [węzły] (minimalna prędkość 10 węzłów)

K_3 – 1,15 dla sterów pracujących z dyszą stałą

K_3 – 1,0 we wszystkich innych przypadkach

Rys. 4. Wymiary główne steru zrównoważonego z podparciem do obliczeń wg wzoru 1.1

Obliczenie wartości siły naporu na pletwę steru wg wzoru (1.1):
Wymiary potrzebne do obliczeń przedstawione zostały na rys.4., wartości współczynników w tablicy 1. oraz wg wzorów 1.2, 1.3
Prędkość założona wynosi 10 węzłów (14,5 km/h)

$$P_s = 132 \times 1,19 \times 1,1 \times 13,95 \times (14,5 \times 1,0)^2$$

$$P_s = 506785 \text{ N}$$

Przy założeniu, że siła działa na środek geometryczny pletwy możemy oszacować rozdział obciążenia na punkty łożyskowania. Obliczenia sił reakcji R_d i R_g w łożyskach - zgodnie z rozmieszczeniem wg rys.4, (dla uproszczenia przyjmujemy dwa punkty łożyskowe oraz pomijamy wpływ momentów sił od zginania i skręcania) mamy:

Dolne łożysko :

$$\text{wzór 1.4} \quad R_d = \frac{P_s \times L_2}{L_1 + L_2} \quad [\text{N}] \quad \text{wzór 1.4.1} \quad R_d = \frac{506785 \times 3675}{6325} = 294456 \text{ N}$$

Górne łożysko :

$$\text{wzór 1.5} \quad R_g = P_s - R_d \quad [\text{N}] \quad \text{wzór 1.5.1} \quad R_g = 506785 - 294456 = 212329 \text{ N}$$

Siła tarcia, która wywołuje naprężenia ścinające na osadzoną tuleję z wewnętrznym współczynnikiem tarcia na poziomie $\mu = 0,1$ wynosi:

$$\text{wzór 1.6} \quad T = R_d \times \mu = 294456 \times 0,1 = 29446 \text{ N}$$

Obliczenie średniego naprężenia ścinającego na panewce dla tulei o długości czynnej $l = 270 \text{ mm}$ oraz średnicy $D = \Phi 280 \text{ mm}$:

$$\text{wzór 1.7} \quad \tau_{sr} = \frac{T}{D \cdot l \cdot 3,14} \quad [\text{N/cm}^2] \quad \text{wzór 1.7.1} \quad \tau_{sr} = \frac{294456}{27 \cdot 28 \cdot 3,14} = 12,4 \text{ N/cm}^2$$

Wartość naprężenia na warstwę kompozytu wywołane działaniem siły tarcia w panewce, wynosi 0,124 MPa, natomiast dopuszczalne naprężenie na ścinanie dla kompozytu **Belzona**®1321 wynosi 21 MPa. Zatem naprężenia powstałe w wyniku pracy steru nie stanowią zagrożenia dla stabilności osadzenia tulei sterowych. Znacząco większe naprężenia dopuszczalne dla osadzenia na kompozycie **Belzona**®1321, pozwalają rozważyć ewentualne przeprojektowanie węzła uwzględniającego rzeczywiste zakresy obciążeń dopuszczalnych. Najlepiej ilustruje to test w którym do wysunięcia tulei brązowej osadzonej w technice klasycznej „na wcisk” użyto siły równej 60 ton, podczas gdy siła równa 260 ton (maksymalna, dysponowana) nie była w stanie nawet poruszyć tej samej tulei - przy osadzeniu na warstwie kompozytu **Belzona**®1321!

Klasykne łożyskowanie (zrównoważony typ steru rys.2.) elementów steru realizowane jest poprzez osadzenie w stalowych gniazdach pletwy i tylnicy okrętu, ślizgowych tulei wykonanych najczęściej z brązu (fot.1.) z warstwą poślizgową np. spieki brązowo-grafitowe. Podstawowym problemem w montażu tulei jest zapewnienie właściwego osadzenia tulei w gnieździe. Tuleje muszą być osadzone w jednej linii z osią trzonu i wału pletwy przy jednoczesnym właściwym (ściśłym/pasowanym) kontakcie tulei z gniazdem. Wykonanie osadzenia tulei realizuje się jako połączenie wciskowe wtlaczane lub rozprężne. Wzajemne unieruchomienie łączonych w ten sposób części następuje w wyniku tarcia, którego wartość zależy od siły docisku i współczynnika tarcia między stykającymi się powierzchniami. Wydaje się zatem, że unieruchomienie będzie tym bardziej trwałe (brak poślizgu czy wysuwania się tulei) im większa będzie wartość siły docisku na powierzchnię gniazda. Intuicyjnie powinna



Fot.1. Ślady uszkodzeń wywołanych poślizgiem między powierzchniami oprawy/gniazda połączenia dociskowego

wzrastać siła tarcia wraz ze wzrostem docisku i tak się dzieje, ale tylko do momentu gdy w styku dominują siły sprężyste wywołane odkształceniem połączonych części. Okazuje się, że stałe zwiększanie siły docisku prowadzi wprawdzie do zwiększenia rzeczywistej powierzchni kontaktu (zwiększenie liczby stykających się wierzchołków chropowatości), ale równocześnie obserwuje się spadek wartości współczynnika tarcia oraz wzrost trwałych odkształceń plastycznych prowadzących ostatecznie do powstania mikro-poślizgów, a w konsekwencji do zwiększania się luzu w osadzeniu. Na wywołanie docisku główny wpływ mają siły sprężystości całej tulei i gniazda to jednak mechanika kontaktu połączenia stykowego obrabianych powierzchni może zmienić ich skuteczność.

Dla przykładu 5-krotne zwiększenie siły docisku w stosunku do osadzenia swobodnego powoduje wzrost rzeczywistej powierzchni kontaktu z ok. 10% do 50%, przy jednoczesnej zmianie styku z „sprężystego” do „plastycznego”. Taka sytuacja prowadzi do powięk-

szczenia luzu, a więc powierzchnie oddalają się od siebie i w wymiarze molekularnym prowadzi to do osłabienia oddziaływań międzyatomowych, a więc do znaczącego spadku wartości współczynnika tarcia i połączenie staje się niestabilne z możliwością powstania poślizgu (Fot.1). Ważna jest zatem struktura i rodzaj powierzchni współpracujących ze sobą elementów.

Zewnętrzna powierzchnia tulei łożyska powinna mieć chropowatość nie większą niż $R_a = 2,5 \mu\text{m}$, a chropowatość powierzchni osadzonej gniazda nie większa niż $R_z = 20 \mu\text{m}$. Kolejną kwestią jest dotrzymanie restrykcji związanych z błędami kształtu zarówno tulei jak i gniazda. Chropowatość, błędy kształtu i osiowania to czynniki, które w efekcie końcowym montażu wpływają na zmniejszenie rzeczywistej powierzchni kontaktu powierzchni tulei z gniazdem. W niniejszym opracowaniu zostanie opisana koncepcyjnie odmienna metoda osadzenia, gdzie wymienione parametry pogarszające osadzenie nie będą miały znaczącego wpływu na jakość połączenia. Jak już wspomniano wcześniej rzeczywista powierzchnia styku dwóch elementów metalowych stanowi zwykle niewielki procent nominalnej powierzchni kontaktu. Technicznie kontakt oprócz docisku powierzchniowego zależy jeszcze od rodzaju materiału elementów oraz obróbki powierzchni. Z reguły łożyska ustawia się w gniazdach z pasowaniem wtlaczanym zwykłym H7/s7 zaś dopuszczalne odchylenia osiowości ogranicza się do 0,05-0,1 mm. To zadanie staje się tym trudniejsze jeśli wykonujemy osiowanie z obróbką przenośną wytaczarką, która nie daje tak dobrej dokładności jak obrabiarka stacjonarna. Osobnym wyzwaniem jest samo wtlaczanie tulei łożyskowej w gniazdo tzn. np. przy wciskaniu tulei o średnicy 1125 mm, wysokości 1000 mm i grubości ścianki 45 mm z wciskiem 0,7 – 1,35 mm należy (wg obliczeń) przyłożyć siłę osiową równą 5 MN! Często w takich przypadkach jest konieczne dodatkowe schłodzenie tulei w „suchym lodzie” lub ciekłym azocie.

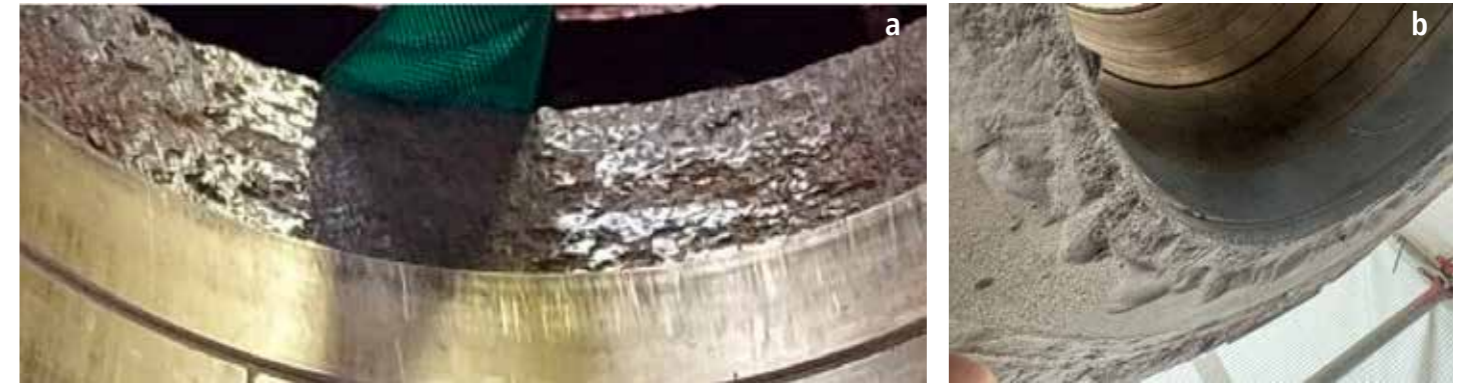
Tak duże siły użyte do wtlaczania tulei nie pozostają bez skutku dla jakości połączenia wciskowego ponieważ dochodzi do znacznych odkształceń w warstwie wierzchniej, trwałych odkształceń plastycznych często nawet do „ścięcia” wierzchołków nierówności tworzących strukturę powierzchni łączonych elementów. Naprężenia wywołane montażem, których wartość może wzrosnąć znacząco od obciążeń pracy steru – reakcje w łożyskach (Rys.3, wzór 1.4, 1.5), nie mogą przekroczyć dopuszczalnych, aby nie dochodziło do mikro- oraz rozwiniętych poślizgów.

Połączenie wciskowe jakim jest osadzenie tulei ślizgowych w stalowym gnieździe musi być zatem rozpatrywane jako pewien układ trybologiczny uwzględniający również odkształcenia elementów łączonych jak i interakcje molekularne stykających się powierzchni. Już przez sam fakt, że mamy do czynienia ze stykiem dwóch różnoimiennych metali: brąz/staliwo, należy się spodziewać, że nastąpi indukcja prądów korozyjnych w środowisku wody morskiej (woda zaburtowa wnika w przestrzeń pomiędzy tuleją a gniazdem, zwłaszcza przy

Fot.2. Klasykne osadzenie dociskowe tulei brązowej trzonu steru

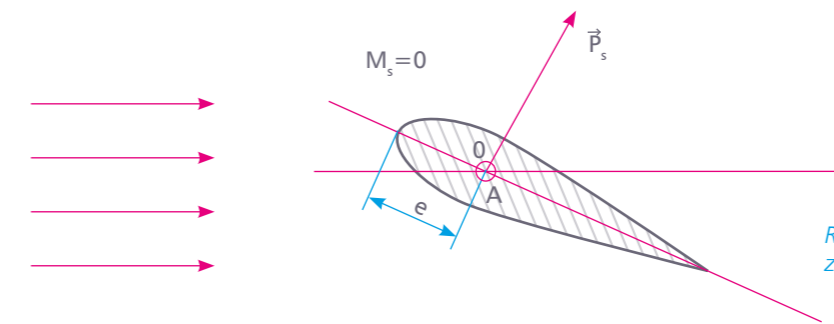


wciskach luźnych H7/k6 czy suwliwym H7/h6). Korozję elektrochemiczną uwzględniamy jeśli różnica potencjałów pary metali wynosi co najmniej 50 mV (rys.5.). Połączenie brązu ze stalowym (tuleja brązowa - gniazdo stalowe) to różnica w potencjałach elektrochemicznych rzędu 300 mV, a to w środowisku elektrolitu (woda morska bogata w jony Cl^- nośniki ładunków elektr.) oznacza przepływ mikro-napięciowego prądu charakterystycznego w procesach korozyjnych w których stalowo jako anoda (-) „oddaje” elektrony co w konsekwencji prowadzi do ubytku masy (rys. 6, fot.3 a) i b).



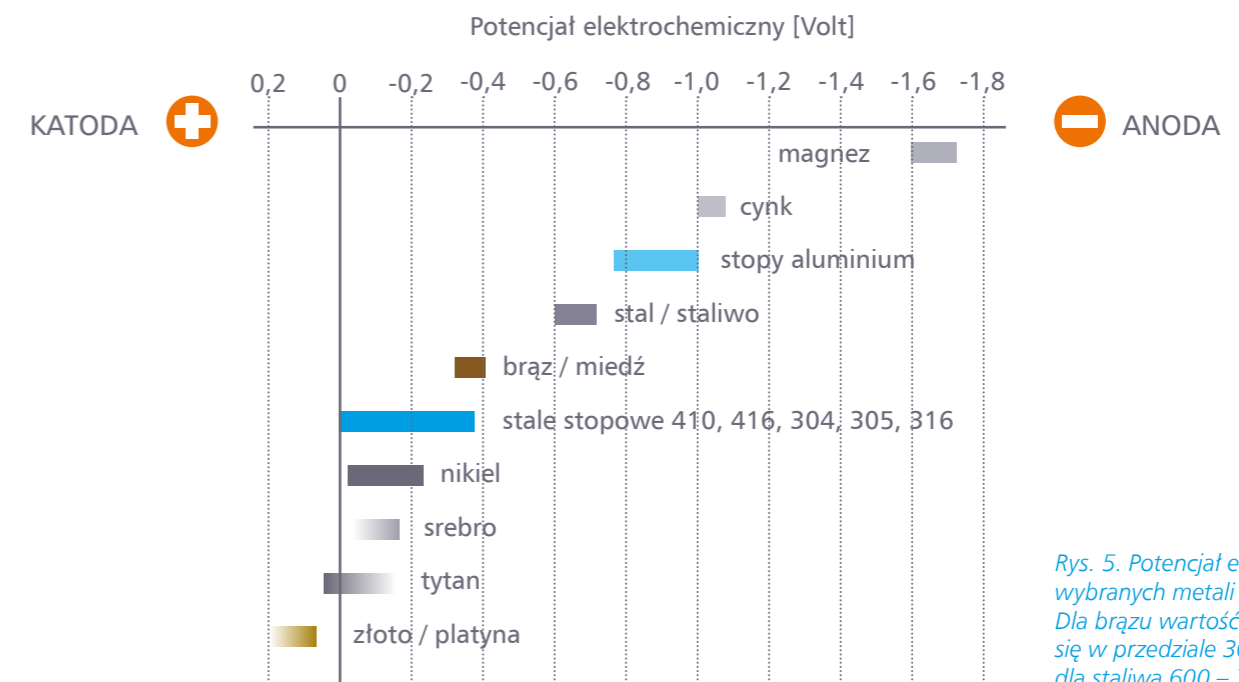
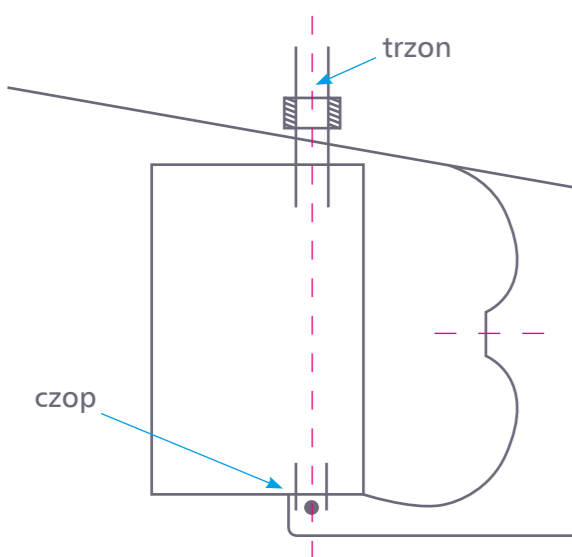
Fot.3. Obszary znacznych ubytków korozyjnych z dominacją: a) dużych nacisków pomiędzy zewnętrzną powierzchnią tulei brązowej a stalowym gniazdem, b) wzmożonej korozji elektrochemicznej w strefie osadzenia tulei brązowej

Wzmożona korozja (korozja ogólna + korozja elektrochemiczna) w strefie osadzenia tulei łożyskowej oznacza ubytek w oprawie stalowej (anoda), a więc z biegiem czasu do niekorzystnego zmniejszenia powierzchni kontaktu wciskowego pomiędzy tuleją a gniazdem (Rys.6). Głównym skutkiem takiego stanu rzeczy jest zwiększający się luz osadzenia, wzrost wibracji, ryzyko rozbicia tulei z pęknięciami włącznie, pogorszenie pracy steru.

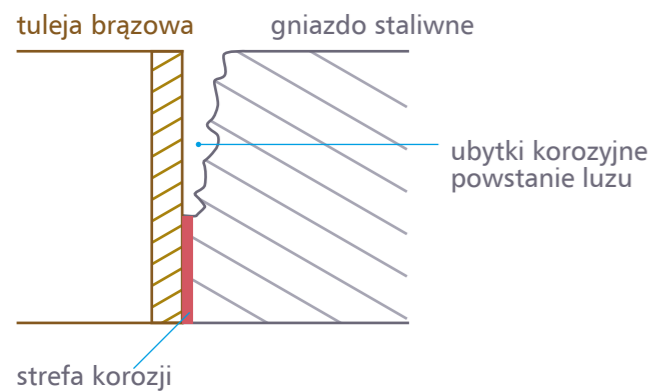


Rys.3. Przyłożenie wypadkowej siły naporu P_s dla steru zrównoważonego. Brak obciążenia momentami siły $M_s=0$

Rys.2. Ster zrównoważony z podparciem



Rys.5. Potencjał elektrochemiczny wybranych metali i ich stopów. Dla brązu wartość potencjału zawiera się w przedziale 300 – 400 mV, dla staliwo 600 – 700 mV



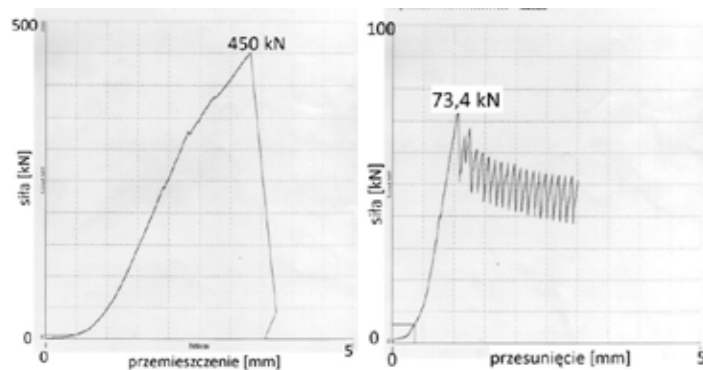
Rys.6. Proces korozyjny na granicy tuleja/gniazdo



fot 4



fot 5



Rys.7. Przebieg siły w funkcji przemieszczenia podczas wyciskania tulei

W budowie sterów stosuje się również tuleje z innych materiałów, które jako niemetale z jednej strony zmniejszają ryzyko wystąpienia korozji bimetalicznej zaś z drugiej strony ze względu na mniejszą sztywność wykazują mniejszą sprężystość, co w kontekście osadzenia wciśkowego zmienia warunki dopuszczalnych obciążeń węzła łożyskowego (zmiana siły nacisku dla utrzymania stabilności połączenia wciśkowego). Rozwiązaniem tego problemu może być zwiększenie rozmiarów tulei/gniazda (zwiększenie powierzchni styku) lub jeszcze bardziej precyzyjne wykonanie połączenia (klasa dokładności itp.). Rozważmy teraz układ w którym tuleja łożyskowa wykonana z brązu (metal) lub kompozytu (niemetalowego) zostanie osadzona na warstwie kompozytu polimerowego o specjalnych właściwościach dostosowanych do wysokiego obciążenia oraz radykalnie upraszczającego montaż. Przeprowadzono badania (modelowe) w których porównano obciążalność dwóch rodzajów połączenia tj. tulei łożyskowej syntetycznej z dodatkami smarnymi osadzonej w pierwszym badaniu wciśkowo do oprawy stalowej natomiast drugi przypadek dotyczył połączenia tej samej tulei z gniazdem przy użyciu warstwy kompozytu polimerowego **Belzona®1321 Ceramic S Metal** (Fot.4.) w dwóch wariantach grubości warstwy kompozytu tj. 0,5 mm i 5 mm.

Fot.4. Przygotowanie pary gniazdo stalowe/tuleja ślizgowa do wtrysku ciśnieniowego kompozytem **Belzona®1321**

Wymiary modelowych połączeń poddanych testowi na obciążalność mechaniczną :

Tuleja typu Orkot Marine Bearings® (oryginalna):

Długość: 250 mm
średnicazew.: \varnothing 240 mm

Gniazdo stalowe :

Długość: 250 mm
Średnicazewn.: \varnothing 270 mm
średnica wew.:
1. \varnothing 240 mm*
2. \varnothing 230 mm - dla osadzenia na 5 mm warstwie **Belzona®1321**
3. \varnothing 239 mm - dla osadzenia na 0,5 mm warstwie **Belzona®1321**

*) wykończenie powierzchni wew. właściwe dla pasowania wciśkowego

Tak przygotowane modele połączeń poddano próbie wytrzymałości na ścinanie gdzie na prasie mechanicznej (Fot.5.) narastająca siła została przyłożona do tulei aż do zerwania połączenia.

Fot.5. Stanowisko do próby wytrzymałościowej z zamocowanym modelem testowym osadzenia tulei w oprawie metalowej

Okazało się, że dla połączenia zwykłego tj. właczanego - siła potrzebna w pierwszej kolejności do poruszenia tulei wyniosła 73,4 kN (7,34 ton) następnie jej wartość malała skokowo (stick-slip w układzie tribomechanicznym) w miarę wysuwania się tulei z gniazda (Rys.7a). Ten charakterystyczny przebieg „zyg-zak” krzywej odzwierciedlający zmienność siły podczas wysuwania się tulei, związany jest utratą stabilności procesu tarcia co powoduje ruch skokowy tulei wg oprawy. Prawie 7-krotnie większa siła w stosunku do osadzenia wciśkowego, była potrzebna aby ruszyć tuleję osadzoną na 5 mm grubości warstwie kompozytu **Belzona®1321** (rys.7.b) i co ważne, że zerwanie połączenia tulei z oprawą nastąpiło w warstwie kompozytu, a nie na styku z powierzchniami łączonych elementów. Podstawowym kryterium wytrzymałości łączenia jest stabilność stykających się powierzchni i zdolność do przenoszenia sił (obciążeń) tak aby w zakresie planowanego maksymalnego obciążenia złącza zapewnić ciągłość odkształceń współpracujących elementów. Co stanie się gdy będziemy zmniejszać grubość warstwy kompozytu. Jak już wspomniano wcześniej płaszczyna zerwania przebiega wewnątrz kompozytu w pewnej odległości od powierzchni styku. Gdy zmniejszymy grubość warstwy do 0,5

mm to wartość siły potrzebnej do zerwania wyraźnie wzrasta i w przedmiotowym badaniu ze względu na ograniczenia sprzętowe (maksymalna siła dysponowana) test zakończono przy wskazaniu siły na poziomie 599,99 kN czyli potocznie mówiąc „zabrakło skali”. Można jednak na podstawie tych badań stwierdzić, że istnieje pewna optymalna grubość warstwy kompozytu polimerowego **Belzona®1321**, przy której osiągniemy maksymalne dopuszczalne obciążenie zapewniające stabilność połączenia. Tendencja wzrostu obciążalności w miarę zmniejszania grubości warstwy może wynikać z tego, że udział mikro-warstw umocnionych (adhezyjnych) po obu stronach połączenia kompozytu tj. na powierzchni tulei i oprawy, wzrasta i sam kompozyt staje się bardziej wytrzymały. Nominalna, katalogowa wytrzymałość na ścinanie **Belzona®1321** wynosi: 22 MPa przy zrywaniu próbek stalowych i 21,3 MPa przy zrywaniu próbek miedzianych oraz 29 MPa przy obciążeniu próbki ze stali zwykłej, momentem skręcającym. Na krzywej przebiegu siły dla kompozytu (rys.7.b) widać, że w pierwszej fazie obciążenia rośnie prawie wyłącznie odkształcenie, a więc tak jakby siła przyłożona do

obiektu „znikała”. Takie zachowanie się materiału pod obciążeniem jest charakterystyczne dla struktury cząsteczkowej jaka występuje w polimerach i odróżnia się zasadniczo od atomowej struktury metali. Konsekwencją makrocząsteczkowej budowy jest lepko-sprężystość czy inaczej mówiąc stan wysoko elastyczny występujący w temperaturach eksploatacji. Polimery zbudowane są z makrocząstek złożonych z połączonych wiązaniami chemicznymi jednostek zwanych merami lub segmentami posiadających swobodę drgań i rotacji, co oznacza w praktyce giętkość materiału nie osiągalną dla materiałów o strukturze atomowej (m.in. metali i ich stopów). Zatem energia jaka jest dostarczana do kompozytu podczas próby wytrzymałościowej jest w pierwszej fazie zużywana na ruchy konformacyjne segmentów makrocząsteczki (człon lepkościowy - tworzy się nowy stan równowagi pod obciążeniem) dopiero po jakimś czasie kompozyt zachowuje się niemal jak klasyczny materiał sprężysty tj. odkształcenie jest proporcjonalne do naprężenia, aż do zerwania (punkt o współrzędnych 3,2 mm i 450 kN na rys.7.b).



Fot.6. Osadzenie tulei łożyskowej steru, a) dla czopa steru – faza pozycjonowania, b) dla czopa trzonu – faza wtrysku ciśnieniowego, c) dla czopa trzonu – faza tuż po zakończeniu wtrysku wypełniającego kompozytem **Belzona®1321**. Widoczne śruby ustalające i rozpięte struny pozycjonowania tulei do osi trzonu i czopa (jeśli jest, to również z osi wału)



Fot.7. Przykłady zastosowania technologii osadzania tulei ślizgowych na kompozycie polimerowym w a) podporze wału głównego (tuleja metalowo/gumowa smarowana wodą) na **Belzona®1111**, b) i c) osadzenie w jednej osi szeregu tulejek ślizgowych skrzydła steru na kompozycie **Belzona®1321**

Opisane cechy kompozytu polimerowego określane również jako wymuszona elastyczność wnoszą do układu mocowania/łożyskowania pletwy steru nieosiągalną w innych metodach montażu - tłumienność węzła. Tuleja posadowiona jest zatem na swego rodzaju „amortyzatorze”, który w tym przypadku może być traktowany jako wibroizolacja. Ponadto warstwa **Belzona®1321** jest również izolatorem elektrycznym (rezystywność powierzchniowa rzędu 1012 Ω , skrośna $>$ 1015 Ω cm) – co powoduje zahamowanie korozji elektrochemicznej. W metodzie osadzenia tulei na kompozycie mamy zatem do czynienia ze znacznie bardziej obciążalnym węzłem, odpornym na powstawanie mikro poślizgów, tłumiącym drgania oraz odpornym na korozję. Bardzo ważną kwestią jest również łatwość wykonania takiego montażu przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej jakości osiowania w ustawieniu pletwy steru wg maszyny sterowej. W metodologii z użyciem kompozytu **Belzona®1321**, najpierw ustawiamy tuleje do osi trzonu/wału (fot.6.c), a dopiero później wypełniamy luz (fot.6.b) powstały w wyniku ustawienia pomiędzy tuleją a gniazdem.

Technologia osadzania na kompozycie może być również zastosowana w wielu innych miejscach obszaru napędu i sterowania statku. Na zdjęciach fot.7 a), b), c) zaprezentowano wybrane dwa miejsca aplikacji tj. osadzenia na **Belzona®1111** (a) łożyska wału napędowego śruby oraz na **Belzona®1321** z identyczną metodologią jak dla pletwy tyle, że o bardziej złożonej budowie.

Opisana technologia montażu z użyciem kompozytów polimerowych **Belzona®1321** oraz **Belzona®1111** jako metoda z uznaniem morskich klasyfikatorów zapewnia:

1. Wzrost obciążalności węzła
2. Wydłuża trwałość elementów steru, mniej remontów i wydłużony okres pływania
3. Przyczynia się do stabilności pracy steru
4. Niskie koszty montażu, krótki czas i łatwość wykonania
5. Osadzenie przy minimalnym nakładzie energii (technika „na zimno” – kompozyt utwardza się bez ciepła zewnętrznego w normalnej temperaturze)



Ochrona przeciwkorozyjna połączeń śrubowych

Opracowanie:
Roman Masek
Dyrektor Techniczny Belse

Połączenie śrubowe kołnierzo-
we, doczołowe lub zakładkowe
to szczególny fragment instalacji,
konstrukcji lub posadowienia.
Mimo identycznego środowiska
w jakim znajduje się cała instalacja/
konstrukcja, to narażenie korozyjne
jest inne (bardziej intensywne,
niebezpieczne) w strefie samego
połączenia niż pozostałym obszarze.
Przyczyna ta wynika z geometrii oraz
różnorodności materiałów, z których
wykonane są elementy połączenia.
Dodatkowym czynnikiem przyspieszającym
korozję są naprężenia osiągające
czasami duże wartości mogące np.
zainicjować pęknięcie w stali i w ten
sposób powstają nowe obszary korozji.

O ile zabezpieczenie powłokowe konstrukcji
wystarcza do ochrony przeciw korozji
ogólnej, to już w przypadku np. połączenia
kołnierzowego mamy najczęściej do czynienia,
albo z uszkodzoną lub całkowitym brakiem
powłoki ochronnej. Ponieważ korozja jako
proces naturalny, którego efektem jest niszczenie
materiałów, zwykle metali/stopów, przebiega
w wyniku bezpośredniego kontaktu i oddziaływania
powierzchni korodującej ze środowiskiem, to w
sposób oczywisty najprościej będzie ograniczyć lub
nawet odciąć (stworzyć barierę) dostęp środowiska
do powierzchni.

Mechanizmy korozji

W dalszej części artykułu zostanie przedstawiona
technika zabezpieczenia. Bezpośredni „metaliczny”
kontakt kołnierz-śruba-kołnierz przy niewłaściwym
doborze materiałów (różne wartości potencjału tj.
większe niż 10 mV) jest powodem wzmożonej
korozji o charakterze elektrochemicznym. W
zależności od potencjału, korozji mogą ulegać
kołnierze (Fot.1a) lub co gorsza śruby lub nakrętki
(Fot.1 b). Dodatkowo niemal we wszystkich typach
połączeń śrubowych może wystąpić korozja
szczelinowa wynikająca z nierównomiernego
natlenienia w szczelinach pomiędzy otwór/śruba,
uszczelka/przyłga czy też pomiędzy elementami
połączenia nakładkowego. Tego rodzaju korozja
również wymaga ciągłej „dostawy” czynników
korozyjnych (transfer tlenu, chlorków oraz wilgoci)
z otoczenia czyli ze środowiska. Powstające
wżery i inne uszkodzenia korozyjne na elementach
połączeń mogą być przyczyną utraty pełnej ochrony
katodowej i to pomimo utrzymania na całym
rurociągu/konstrukcji potencjału ochronnego.
Wartość potencjału lokalnego (w miejscu
uszkodzeń) będzie zależała od powierzchni
uszkodzenia a zatem w miarę upływu czasu
rozwijając się będzie kolejne źródło korozji
lokalnej. Jak zawsze gdy mamy do czynienia z
korozją punktową tzn. najczęściej o charakterze
spontanycznym skutki jej działania są trudne do
przewidzenia i zazwyczaj mamy do czynienia z
nagłą awarią – rozszczelnienie-



Fot. 1. Korozja elektrochemiczna



Fot. 2. Zabezpieczenie połączeń kołnierzowych zbiornika na chemikalia membraną Belzona®3412



Fot. 3. Belzona®3412 - ochrona połączeń śrubowych konstrukcji mostu



Fot. 4. Belzona®3412 - wykonanie szczelnej membrany zakotwień i posadowienia wieży turbiny wiatrowej



Fot. 5. Belzona®3412 jako szczelna i barierowa powłoka ochronna zasady podziemnej (wody gruntowe zasolone)



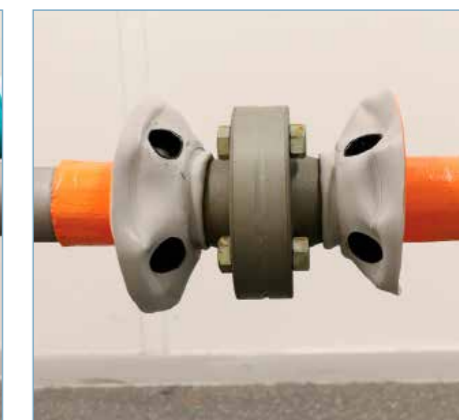
Fot. 6. Membrana Belzona®3412 jako zabezpieczenie przeciwkorozyjne połączenia doczołowego śrubowego konstrukcji hali suszarni osadów w oczyszczalni ścieków



Fot. 7. Belzona®3412 w trakcie aplikacji pędzlem



Fot. 8 a) Membrana Belzona®3412 tuż po nacięciu obwodowym



Fot. 8 b) Możliwość pełnego dostępu do połączenia

nie, utrata łączników itd. Wspólnym mianownikiem wymienionych w artykule mechanizmów korozji jest, to że aby one powstały i mogły się działać w pełnym rozwinięciu niezbędnym jest -oprócz zainicjowania procesu -przede wszystkim kontakt ze środowiskiem. Innymi słowy gdyby odciąć fragment konstrukcji od kontaktu z otoczeniem, to korozja by nie zaszła. To właśnie wykorzystano w idei zabezpieczenia połączeń śrubowych elastycznego powłoką membranową.

Technika zabezpieczenia

Otoczająca połączenie kołnierzowe powłoka powinna spełniać przynajmniej dwie podstawowe funkcje tj. chronić przed korozją (środowiskiem korozyjnym) oraz umożliwić w prosty i powtarzalny sposób dotarcie do wszystkich elementów połączenia w razie interwencji serwisowych. Takie funkcje spełnia specjalna elastyczna powłoka (membrana) Belzona®3412, która stanowi swoistą barierę uniemożliwiającą przedostawanie się wil-

goci, chlorków i innych zanieczyszczeń na powierzchnie chronione. Elastyczność materiału powłoki jest zachowana do temperatury -22°C, a wydłużenie całkowite (określona z kolei dla 20°C) zgodnie z wytycznymi normy ASTM D412, wynosi 260%. Wytrzymałość na rozdarcie tego materiału, która wynosi 3180 kg/m jest jednym z ważnych parametrów mechanicznych i reprezentuje wartość siły potrzebnej do rozerwania i utrzymania pęknięcia aż do zniszczenia próbki (dlatego jest obliczany na podstawie grubości próbki w funkcji siły).

Potwierdzona skuteczność

Kluczowym parametrem dla powłoki Belzona®3412 świadczącym o jej barierowości jest przede wszystkim szczelność (nieprzepuszczalność) oznaczoną w teście przeprowadzonym według wymagań normy ASTM B117 podczas ekspozycji materiału powłoki w komorze solnej na 5% roztworze NaCl przy temp. 35°C. Po 3000 godzinach ekspozycji stwierdzono brak

jakichkolwiek uszkodzeń korozyjnych pod membraną Belzona®3412 podczas gdy niechroniona część rury badanego połączenia uległa znaczącej korozji. Dodatkowo powłoka odporna jest na działanie promieniowania UV.

Proste i wygodne zastosowanie

Na fot. 2-6 przedstawiono różne zastosowania powłoki Belzona®3412. Powłoka jest łatwa w aplikacji przy pomocy pędzla lub natryskiem (fot.8) oraz jest możliwe jej wielokrotne wykorzystanie (fot.7 a i b) i wraz z wymagany podkładem Belzona®8411, który pełni rolę separującą (możliwe zdejmowanie membrany z powierzchni metalu) oraz zawiera inhibitory korozji (tworzą warstwę ochronną), stanowi bardzo efektywny system barierowy hamujący procesy korozyjne. Ze względu na sposób aplikacji przy użyciu prostych narzędzi ręcznych można zabezpieczać zarówno typowe i regularne połączenia jak i elementy o bardziej skomplikowanych kształtach.

O rozwiązaniach, które sprawdzają się w trudnych warunkach

z **JAROSŁAWEM MALINOWSKIM**, Z-cą Dyrektora Produkcji i Utrzymania Ruchu oraz **DANIELEM NIEMYŃSKIM**, Z-cą Kierownika Wydziału Utrzymania Ruchu w Zakładach Fosforowych Gdańsk

rozmawia **Tomasz Janiak**, Konsultant Techniczny Belse z Gdańska

Tomasz Janiak: Panowie, dziękuję za możliwość krótkiej rozmowy na temat zastosowania kompozytów w Państwa zakładzie. Czy pamiętacie Wasze początki z Belzoną? Kiedy to było?

Jarosław Malinowski: Belzono używamy od 10-12 lat. Część aplikacji (napraw) wykonujemy cyklicznie, powtarzamy każdego roku od około 7 lat. Najchętniej używamy Belzony do zabezpieczania filtrów wody morskiej, chodzi o powierzchnie wewnętrzne filtrów, gdzie stal ma kontakt z wodą morską, ale nie tylko.

TJ: Jakie jeszcze problemy Panowie rozwiązują przy użyciu materiałów Belzona?

JM: Belzona sprawdza nam się także przypadku gazociągów, gdzie na zbiornikach powierzchnie stykają się z gazami zawierającymi tlenki siarki. To zabezpieczenie przeciwkorozyjne i odporne chemicznie na gorące gazy poreakcyjne z instalacji produkcyjnej kwasu siarkowego. Używamy tam materiału Belzona®4341.

Kiedyś regenerowaliśmy Belzoną wał napędu młyna kulowego. Materiałem Belzona®1111 naprawialiśmy czopy wału pod montaż łożysk. Naprawa odbywała się w trudnych warunkach, ale te rozwiązania bardzo dobrze się sprawdziły i do teraz nie mamy w tych miejscach żadnych problemów. Jeden taki wał pracuje do tej pory i wszystko wskazuje na to, że jeszcze długo popracuje.

TJ: Które cechy i właściwości materiałów Belzona najbardziej przekonują Panów do ich stosowania?

JM: W niektórych przypadkach mamy bardzo mało czasu na naprawę i wtedy kompozyty Belzona sprawdzają się doskonale. Dla przykładu mogę przytoczyć naprawy na rurociągach z tworzyw sztucznych, gdzie wykonujemy doraźne, szybkie naprawy uszkodzeń, które powstają podczas prac czyszczenia tych rurociągów. Wtedy zależy nam, aby rurociąg szybko przywrócić do eksploatacji po czyszczeniu. Dzięki technologii kompozytowej Belzona te naprawy miejscowe są dość szybkie i łatwe w realizacji.

TJ: A jak wyglądałaby taka naprawa przy użyciu tradycyjnych metod?

JM: Tradycyjna naprawa tych tworzyw jest bardziej kosztowna i na pewno wymaga zaangażowania firmy zewnętrznej. A przypadku materiałów Belzona, tego typu doraźne naprawy możemy wykonywać własnymi siłami. Przy czym warto zaznaczyć, że te naprawy są trwałe i wytrzymują dłuższy okres czasu.

TJ: Panie Danielu, czy ma Pan coś do dodania?

Daniel Niemyński: Ja chciałbym wyróżnić produkty, które umożliwiają przeprowadzenie naprawy bez wprowadzania dodatkowych źródeł ciepła. Mam tu na myśli naprawę zbiornika stalowego, który wewnątrz ma powłokę gumową. Tam wystąpiła nieznaczność na króćcu i tradycyjną metodą spawalniczą tej naprawy nie moglibyśmy wykonać z uwagi na

powłokę gumową. Technologia Belzona umożliwiła nam przeprowadzenie naprawy w krótkim czasie, łącznie z odtworzeniem powłoki wewnętrznej. Ta naprawa miała miejsce 4 lata temu i od tego czasu nie było żadnych problemów z powłoką.

TJ: Wiele mówi się ostatnio o ekologii. Czy według Panów stosowanie technologii Belzona do napraw wpływa na eliminację śladu węglowego?

DN: Jak najbardziej, naprawiając urządzenia chronimy środowisko, bo nie zużywamy aż tyle surowców do produkcji. Choćby przy naprawie młyna kulowego, o której pan dyrektor wcześniej wspominał, zaoszczędziliśmy ok. 1800 kg stali, jak byśmy chcieli taki młyn wykonać nowy. Nie mówiąc już o tym, że koszt tego wału jest znaczący, to jest ok. kilkadziesiąt, a może nawet kilkaset tysięcy złotych. A w tym przypadku zaoszczędziliśmy raz na materiale, a potem na koszcie wytworzenia i oczywiście na czasie w porównaniu do wytworzenia nowego wału.

TJ: Panowie, które materiały Belzona moglibyście polecić innym użytkownikom?

DN: Na pewno materiały, których używaliśmy do naprawy i zabezpieczania filtrów wody morskiej - Belzona®1812 i Belzona®1331 - one znacznie poprawiły wydajność, właściwie do zera ograniczyły awarie i przestoje na filtrach wody morskiej. Cała grupa materiałów do metalu, do regeneracji, które zastępują metal, czyli to jest np. Belzona®1111, ale też inne z tej grupy jak np. Belzona®1221. Polecam też materiały Belzona®4341 i Belzona®4311 do zabezpieczenia gazociągów, do zabezpieczenia aparatów chemicznych, powłok wewnętrznych przed działaniem kwasów, generalnie ciężkiej chemii, którą się tutaj produkuje.

TJ: Bardzo dziękuję i mam nadzieję, że stosowanie technologii kompozytowej Belzona przyczyni się do osiągnięcia dalszych sukcesów w waszej pracy zawodowej.

TOMASZ JANIAK

Konsultant Techniczny w Belse od 18 lat. Uwielbia rozmawiać i budować relacje z ludźmi. Każdy dobrze rozwiązany problem techniczny dodaje mu energii i motywacji do działania. Obok inżynierii i technologii pasjonuje się podróżami - poznawaniem nowych miejsc, kultur i ludzi. Uwielbia muzykę i teatr, a w wolnych chwilach uczy się grać na saksofonie. Interesuje się także psychologią i kosmosem. Doba jest dla niego zdecydowanie za krótka.

Tomasz Janiak, tel. 501 221 736
tjaniak@belse.com.pl



O podwodnej naprawie, która uratowała prom

z **KRZYSZTOFEM MIERZECKIM** managerem z PC Divers

rozmawia **Tomasz Janiak**, Konsultant Techniczny Belse z Gdańska

Tomasz Janiak: PC Divers jest specjalistyczną firmą nurkową, która wykonuje podwodne naprawy jednostek pływających. Czy pamięta Pan od kiedy stosujecie materiały Belzona?

Krzysztof Mierzecki: Nasza firma działa na terenie stoczni Remontowej, ściśle współpracujemy. Nie pamiętam dokładnie kiedy po raz pierwszy użyliśmy materiałów Belzona, ale to właśnie na stoczni pierwszy raz spotkaliśmy się z tymi materiałami. Były to rozwiązania, które sprawdziły się na powierzchni więc zastanawialiśmy się czy pod wodą również można je zastosować. Wiadomo, nie zawsze spawanie pod wodą jest możliwe, chociaż jest bardzo popularne, natomiast zmienia charakterystykę materiału ponieważ szybkie studzenie powoduje bardzo szybkie hartowanie materiału. Rozważając wtedy zastosowanie kompozytów pod wodą, trafiliśmy do Belse. Szybko okazało się, że technologia Belzona daje taką możliwość.

TJ: Pamiętam, że przyjechaliście na szkolenie do naszej siedziby do Bielska-Białej.

KM: Tak, to było ponad 10 lat temu, udaliśmy się do Was na szkolenie z technologii kompozytowych Belzona aby dowiedzieć się więcej o materiałach i poznać możliwości zastosowania w praktyce.

TJ: Jak to wygląda obecnie? Jakie problemy rozwiązujecie materiałami Belzona?

KM: Wykonujemy naprawy specjalistyczne, podwodne. Współpracujemy ze stoczną Remontową, więc pracujemy na materiale jakim jest stal - są to jednostki pływające i różnego rodzaju konstrukcje metalowe. Jeśli chodzi o aplikacje podwodne jakie wykonujemy Belzoną to stosujemy je głównie wtedy, kiedy nie możemy użyć spawania. Przykładowo, perforacja kadłuba, czy inne elementy, których spawanie czy napawanie spowodowałoby zahartowanie materiału, gdzie konstrukcyjnie nikt nie wyraziłby na to zgody. W tym przypadku stosujemy Belzonę, aby zabezpieczyć kadłub, zabezpieczyć przed wyciekami. Z ciekawostek mogę powiedzieć, że kładka na Motławie, na Gdańskiej starówce (ta podnoszona), obecnie jest zabezpieczona materiałem Belzona - elementy podwodne. Wcześniej ktoś nie dopatrywał, że elementy, które mają kontakt z wodą powinny być dodatkowo zabezpieczone, więc zwrócono się do nas aby rozwiązać ten problem.

TJ: Ciekawym przykładem był też prom w Świnoujściu, naprawialiście wtedy ster strumieniowy. Pamiętam, że ta naprawa odbyła się podczas krótkiego postoju promu w porcie.

KM: Tak, promy mają to do siebie, że nie mogą być wyłączone z eksploatacji. Zatrzymanie takiego promu, który ma już zakontraktowane przewozy graniczy z cudem. Naprawialiśmy tam pierścien kavitacyjny wykonany ze stali nierdzewnej, który zaczął pękać

i częściowo wypadać. W tym przypadku posłużyliśmy się materiałem Belzona do wypełnienia pierścienia kavitacyjnego i zabezpieczenia go tymczasowo, żeby ten prom mógł pływać. Akcja była o tyle ciężka, że zmagaliśmy się z brakiem czasu - prom przypląwał, ładował się i odpływał. To była bardzo ciekawa sytuacja, ale ta naprawa, choć wiadomo, że tymczasowa zdała egzamin, bo prom cały czas kursował do momentu aż planowo poszedł na stocznię.

TJ: Jakie cechy i właściwości materiałów Belzona, przekonały Pana do ich stosowania?

KM: W naszym przypadku to adhezja, czyli ta siła, która pozwala na przylgnięcie materiału do stali, pozwala na uszczelnianie faktyczne elementów, które np. mają perforacje kadłuba czy wypełnianie jakiś ubytków na sterze. Tak jak w przypadku steru strumieniowego udało nam się zatrzymać degradację pierścienia kavitacyjnego. Właśnie to nas przekonuje, że rozwiązania, które zastosowaliśmy rzeczywiście się sprawdziły. Zaletą dla nas jest również to, że czas wiązania (setting time) zmienia się w zależności od temperatury - w naszym przypadku temperatura otoczenia, czyli wody nie przekracza 20 stopni, a to oznacza że nurek ma czas dopłynąć z materiałem i zaaplikować go. Czas i temperatura wtedy działają na naszą korzyść. Większym problemem jest przygotowanie powierzchni pod wodą, ale umówmy się, pod wodą nic nie jest łatwe.

TJ: Czy Pana zdaniem zastosowanie materiałów Belzona jest ekologicznie i ekonomicznie uzasadnione?

KM: Jak najbardziej tak, choćby takie tymczasowe zastosowanie, które ratuje statek, aby mógł dalej funkcjonować, dokończyć pracę, gdzie nie trzeba go koniecznie od razu wyciągać na dok. A wiadomo, angażuje to bardzo dużo energii, holowniki, wstrzymanie pracy itp. czyli można tu mówić zarówno o redukcji kosztów, ale także ograniczeniu śladu węglowego związanego z całą tą akcją. Mamy też przykład aplikacji na sterze, który był bardzo zdegenerowany poprzez kavitację. Warto tu zaznaczyć, że wszystkie przepływy wody, które stają się laminarne czyli np. polerowanie śruby i zaraz potem czyszczenie steru ograniczają opór. To jeżeli uda nam się zredukować opory na takim statku, czyli sprawić, że przepływ jest bardziej laminarny, no to samo wypolerowanie śruby daje ok. 3-5% zysku energetycznego na takim statku. To pozornie wydaje się niewiele, ale jeśli zrobimy taką naprawę przestrzeni kavitacyjnych i polerkę śruby, to biorąc pod uwagę, że statek pali ok. 100 ton, albo i więcej narzutu na dobę, to dla armatora są to już wymierne oszczędności. A mniejsze spalanie to mniejszy ślad węglowy, więc jakby nie patrzeć, to nawet pośrednio Belzona wspiera ekologię.

Belse z wyróżnieniem „Bursztynowe Serce”

talność
wanie
czych,
cznych
aczel
owar
Belzo



W dniach 3–4 listopada 2025 roku w Warszawie odbył się Ogólnopolski Szczyt Gospodarczy OSG 2025 – jedno z najważniejszych wydarzeń gospodarczych w kraju, które zgromadziło przedstawicieli świata polityki, biznesu, nauki oraz przemysłu. Patronat Honorowy nad Szczytem objął Wiceprezes Rady Ministrów, Minister Obrony Narodowej Władysław Kosiniak-Kamysz, który osobiście uczestniczył w wydarzeniu.

Podczas tegorocznej edycji tradycyjnie wręczono prestiżowe statuetki „Bursztyn Polskiej Gospodarki”, które otrzymali: Władysław Kosiniak-Kamysz, Agnieszka Pomaska, PGNiG Obrót Detaliczny, Grupa Orlen, SATIM Monitoring Satelitarny Sp. z o.o. oraz ICEYE Polska Sp. z o.o..

Szczególnym wyróżnieniem uhonorowana została firma Belse, nagrodę „Bursztynowe Serce” otrzymaliśmy w uznaniu za wieloletnią działalność ekspercką oraz skuteczną realizację projektów badawczych, warsztatów naukowo-technicznych i szkoleń dla studentów uczelni technicznych. Dzięki współpracy z ośrodkami akademickimi Belse od lat promuje praktyczne wykorzystanie materiałów kompozytowych Belzona, które wzbogacają programy nauczania i umożliwiają studentom zdobycie doświadczenia w realnych warunkach przemysłowych.

W ramach Szczytu odbyło się wiele paneli dyskusyjnych poświęconych kluczowym zagadnieniom współczesnej gospodarki. Eksperti debatowali m.in. o bezpieczeństwie narodowym, gospodarczym, energetycznym i finansowym, a także o rozwoju potencjału infrastrukturalnego i innowacyjnego Polski.

Firmę Belse reprezentował Dyrektor Techniczny Roman Masek, który wystąpił w panelu zatytułowanym „Rozwój, inwestycje, innowacje”. W swoim wystąpieniu podkreślił znaczenie technologii kompozytowej w przemyśle, wskazując jej kluczową rolę w procesach napraw, modernizacji i zabezpieczania urządzeń oraz konstrukcji przemysłowych. Zaznaczył, że „dzięki stosowaniu materiałów kompozytowych możliwe jest wydłużenie okresów eksploatacji, obniżenie kosztów operacyjnych oraz ograniczenie wpływu na środowisko. Nasze 35-letnie doświadczenie pozwala na trwałą naprawę elementów, które kiedyś przeznaczone były na złom. Tym samym oszczędzamy nawet 80% energii potrzebnej do wytworzenia nowego elementu i skracamy czas przestoju produkcyjnych.”

Nowoczesne materiały kompozytowe Belzona idealnie wpisują się w koncepcję gospodarki o obiegu zamkniętym, przynosząc wymierne korzyści zarówno dla przedsiębiorstw, jak i dla środowiska naturalnego.

Udział firmy Belse w Ogólnopolskim Szczycie Gospodarczym potwierdził aktywną rolę w rozwoju innowacyjnych technologii i edukacji technicznej w Polsce, a przyznane wyróżnienie „Bursztynowe Serce” stanowi potwierdzenie wieloletniego zaangażowania w propagowanie nowoczesnych, proekologicznych rozwiązań dla przemysłu.

Opracowała: [Anna Machajewska](#)



Opracowanie:
Roman Masek
Dyrektor Techniczny Belse

Skuteczna ochrona połączeń śrubowych przed zapiekaniem i korozją



Czy wiesz, że zastosowanie kompozytowej pasty BELZONA® 8211 HP Anti-Seize skutecznie zapobiega zapiekaniu połączeń śrubowych, a jednocześnie zapewnia długotrwałą ochronę antykorozyjną?

Mechanizm zapiekania połączeń

Wysoka temperatura oraz duże obciążenia mechaniczne, występujące w wielu połączeniach stałych, są główną przyczyną zjawiska zapiekania. W praktyce oznacza to brak możliwości normalnego rozłączenia połączenia po określonym czasie eksploatacji.

Podwyższona temperatura i stałe obciążenie zwiększają aktywność energetyczną (energię swobodną) cząsteczek na powierzchniach stykających się elementów. W kontakcie z chemicznie aktywnym środowiskiem zewnętrznym — zawierającym m.in. wilgoć, jony oraz inne zanieczyszczenia — dochodzi do intensyfikacji procesów korozyjnych. W konsekwencji prowadzi to do zakleszczania się takich połączeń jak:

- połączenia gwintowe,
- połączenia wciskowe,
- połączenia wpustowe i wielowypustowe,
- inne połączenia rozłączne pasowane.

Typowe obszary zastosowań

Pasta Belzona®8211 znajduje zastosowanie w wielu wymagających aplikacjach przemysłowych, w szczególności w:

- szpilkach i innych połączeniach turbin parowych oraz gazowych,
- śrubach połączeń kołnierzowych rurociągów, wymienników ciepła i podgrzewaczy,
- połączeniach pasowanych,
- połączeniach wielowypustowych i stożkowych,
- doczołowych połączeniach śrubowych aparatów i kolumn procesowych pracujących w wysokich temperaturach,
- połączeniach śrubowych form wtryskowych.

Jak zapewnić trwałość połączeń i bez problemu zdemontować śrubę/nakrętkę po latach?

Zapewnienie stabilnej pracy połączenia gwintowego, przy jednoczesnej możliwości jego łatwego demontażu po długim czasie eksploatacji, bywa wyzwaniem — szczególnie w warunkach wysokich temperatur. W praktyce zapiekanie śrub jest zjawiskiem powszechnym, jednak można mu skutecznie zapobiec przy stosunkowo niewielkim nakładzie.

Rozwiązaniem jest pokrycie przed montażem bezpośrednio stykających się powierzchni cienką warstwą specjalnej kompozytowej pasty antyzapiekaniowej. Taka warstwa stabilizuje pracę połączenia, chroni przed korozją oraz ogranicza niekorzystne oddziaływania adhezyjne pomiędzy powierzchniami.

Charakterystyka pasty BELZONA® 8211 HP Anti-Seize

Belzona® 8211 HP Anti-Seize to gęsta, oleista pasta o grafitowym zabarwieniu, wyglądem przypominająca klasyczne smary do połączeń ruchomych. Paradoksalnie jej przeznaczeniem jest skuteczna ochrona połączeń stacjonarnych, które pozornie nie wymagają smarowania.

Kompozyt zawiera m.in. stałe substancje smarne, drobiny metalu oraz inhibitory korozji. Tak dobrany skład zapewnia pełną ochronę połączeń — w tym połączeń gwintowych — w temperaturach sięgających 1100 °C, przy jednoczesnym zachowaniu stabilnego współczynnika tarcia.

Dla śrub klasy 8.8 współczynnik tarcia wynosi $\mu = 0,12$. W praktyce zastosowanie pasty Belzona® 8211 obniża współczynnik tarcia w połączeniu o około 30% w porównaniu z bezpośrednim kontaktem metal-metal, przy czym wartość ta zależy od rodzaju stali oraz stanu czystości powierzchni.

Istotne jest, że zmniejszenie współczynnika tarcia nie zwiększa ryzyka przeciążenia śruby podczas dokręcania — zarówno kluczem dynamometrycznym, jak i ręcznym. Najważniejszą zaletą jest stabilność tego parametru nawet po wielokrotnym luzowaniu i ponownym dokręcaniu.



Zastosowanie pasty BELZONA® 8211 HP Anti-Seize w połączeniach gwintowych gwarantuje:

- stabilny współczynnik tarcia,
- skuteczną ochronę antykorozyjną,
- odporność na działanie pary wodnej, chemikaliów oraz wysokich temperatur,
- łatwy i bezpieczny demontaż połączeń nawet po długim okresie eksploatacji.

To rozwiązanie w sposób prosty i skuteczny zwiększa niezawodność oraz trwałość krytycznych połączeń przemysłowych.

REGENERACJA DYSZ KORTA trwałe rozwiązanie problemów eksploatacyjnych

Problem: Długotrwała eksploatacja dysz Korta w środowisku morskim przyczyniła się do degradacji krawędzi natarcia i rozwoju erozji kawitacyjnej, prowadząc do utraty efektywności napędu oraz zwiększonego ryzyka nieplanowanych postojów.

Rozwiązanie: Prace obejmowały odbudowę geometrii, naprawę krawędzi natarcia oraz nałożenie warstwy ochronnej odpornej na erozję kawitacyjną. Zastosowanie kompozytów inżynierskich Belzona umożliwiło przywrócenie nominalnych parametrów pracy napędu, poprawę sprawności przepływu w układzie napędowym, wydłużenie czasu eksploatacji jednostki pływającej oraz redukcję zużycia paliwa.

Materiały: Belzona®1311, Belzona®1321

Dlaczego Belzona?

- wysoka odporność na zużycie i kawitację
- skuteczna ochrona elementów pracujących w środowisku morskim
- możliwość regeneracji zamiast kosztownej wymiany komponentów
- skrócenie czasu postoju jednostki
- trwałe rozwiązanie problemu powtarzających się uszkodzeń



ZABEZPIECZENIE PRZECIWKAWITACYJNE WAŁÓW NAPĘDOWYCH – naprawa wielkich korzyści

Problem: Wzery na dwóch wałach napędowych spowodowane korozją i erozją kawitacyjną, uniemożliwiły dalszą eksploatację jednostki pływającej. Nowy wał napędowy to ogromny koszt dla armatora. To także długi czas oczekiwania na nowe elementy, kiedy statek jest wyłączony z eksploatacji, co generuje kolejne koszty.

Rozwiązanie: Przy użyciu materiałów Belzona problem został rozwiązany w ciągu kilku dni. Ubytki kawitacyjne zostały uzupełnione materiałem Belzona®1111 „na zimno” czyli bez napawania. W ramach ochrony prewencyjnej zmodyfikowano warstwę wierzchnią wałów napędowych, co podniosło trwałość elementów i znacznie wydłuży ich eksploatację.

Materiały:
Belzona®1111, Belzona®1341 oraz Belzona®2141

Dlaczego Belzona?

- duże oszczędności na zakupie nowych wałów napędowych
- wydłużenie trwałości elementów – dłuższa eksploatacja
- oszczędność środków przeznaczonych na remonty
- szybkie przywrócenie eksploatacji – nie było konieczności zamawiania nowych elementów



ODBUDOWA WZĘRÓW EROZYJNO-KAWITACYJNYCH KOPYTA STERU STATKU – szybka i bezpieczna naprawa bez napawania

Problem: Silna korozja wżerowa steru oraz zaawansowane uszkodzenia kopyta stanowiły realne zagrożenie dla układu sterowo-napędowego dużej jednostki pływającej. Skala ubytków materiału była na tyle duża, że klasyfikator odmówił zgody na dalszą eksploatację jednostki. Tradycyjne napawanie nie mogło zostać zastosowane ze względu na ryzyko przegrzania i dodatkowych uszkodzeń konstrukcji.

Rozwiązanie: Inżynierowie Belse wdrożyli technologię spajania na zimno, eliminując ryzyko oddziaływania termicznego. Odbudowano znaczne ubytki materiałowe, przywrócono pierwotną geometrię kopyta steru, zabezpieczono powierzchnie przed dalszą korozją wżerową oraz erozją kawitacyjną. Cała naprawa została wykonana w ciągu jednego dnia roboczego umożliwiając szybki powrót jednostki do eksploatacji.

Materiały: Belzona®1311, Belzona®1321

Dlaczego Belzona?

- naprawa bez napawania – pełne bezpieczeństwo konstrukcji
- gotowość do eksploatacji już następnego dnia
- dłuższa żywotność elementów sterowych
- brak kosztownej wymiany części
- krótszy postój - mniejsze straty operacyjne



NAPRAWA I MODERNIZACJA WYOBŁARKI – oszczędność, trwałość i ciągłość produkcji

Problem: Wyoblarka do produkcji dysz Korta została wyłączona z eksploatacji na skutek zaawansowanego zużycia głównych szyn prowadzących siłowników roboczych. Postępujące wytarcie powierzchni ciernych doprowadziło do utraty geometrii pracy maszyny, a w konsekwencji – do ryzyka awarii, przestojów produkcyjnych i wysokich kosztów wymiany elementów konstrukcyjnych.

Rozwiązanie: Zamiast kosztownej wymiany całych podzespołów zastosowano naprawę połączoną z modernizacją konstrukcji, która usunęła skutki zużycia i wyeliminowała jego przyczynę. Zużyte prowadnice odbudowano kompozytem Belzona®1311, przywracając ich geometrię i nośność. Układ cierny zmodernizowano poprzez zastosowanie wymiennych ślizgów stalowych z warstwą kompozytu Belzona®1131, pełniących funkcję łożysk ciernych siłowników roboczych. W efekcie elementy zużywalne stały się łatwo wymiennymi częściami eksploatacyjnymi, a nie integralnymi elementami konstrukcji maszyny.

Materiały: Belzona®1311, Belzona®1131

Dlaczego Belzona?

- znaczne oszczędności kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych
- skrócenie przestojów
- dłuższa żywotność maszyny
- ochrona konstrukcji maszyny – mniejsze tarcie, mniejsze ryzyko uszkodzeń, stabilna praca



NAPRAWA I MODERNIZACJA BIEŻNI ZGARNIACZA OSADNIKA – oczyszczalnia ścieków

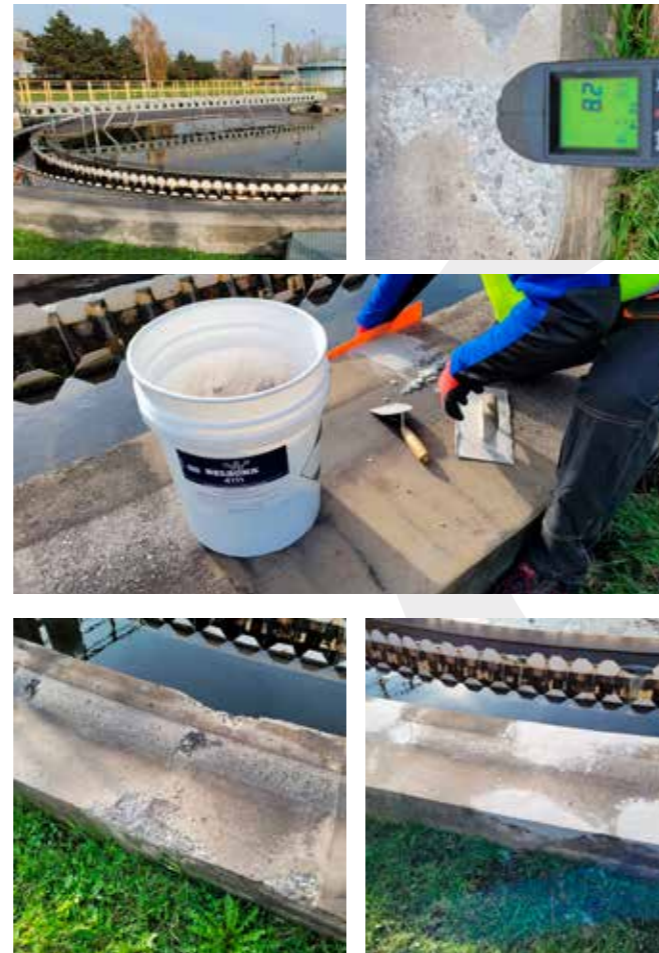
Problem: Erozja betonu spowodowana pracą w trudnych warunkach oddziaływania agresywnych substancji chemicznych, intensywną eksploatacją oraz zmiennymi warunkami atmosferycznymi.

Rozwiązanie: Na oczyszczone podłoże został nałożony aktywator Belzona®4911 a następnie kompozytem Belzona®4111 wypełnione zostały ubytki i usunięte pęknięcia. Na koniec powierzchnia została wyprofilowana. Naprawa została wykonana w krótkim czasie aby osadnik mógł zostać przywrócony dalszej do eksploatacji. Zastosowany materiał Belzona®4111 Magma Quartz doskonale przylega do większości powierzchni gwarantując trwałe zabezpieczenie nawet w trudnych warunkach.

Materiały: Belzona®4111 Magma Quartz

Dlaczego Belzona?

- krótki czas naprawy – szybkie przywrócenie osadnika do eksploatacji
- skuteczne zabezpieczenie przed dalszą degradacją – ograniczenie kosztów przyszłych napraw
- ograniczenie przestojów technologicznych – brak konieczności długotrwałego wyłączenia obiektu z pracy
- zwiększenie niezawodności pracy osadnika – stabilna i odporna bieżnia zapewnia bezawaryjną pracę zgarniacza.



NAPRAWA PODŁOGI ORAZ ZABEZPIECZENIE ANTYPOŚLIZGOWE – zakład produkcyjny

Problem: Nierówności oraz ubytki betonu w posadzce.

Rozwiązanie: Ubytki w posadzce zostały wypełnione kompozytem naprawczym Belzona®4111, a następnie została nałożona powłoka antypoślizgowa Belzona®5231. Ze względu na brak możliwości dłuższego wyłączenia z ruchu naprawianego obszaru konieczna była szybka i trwała naprawa.

Materiały: Belzona®4111 Magma Quartz, Belzona®5231

Dlaczego Belzona?

- szybkie przywrócenie powierzchni do eksploatacji – wytrzymałość ruchowa po 4 godzinach, a pełna wytrzymałość mechaniczna już po 24 godzinach od naprawy
- ograniczenie przyszłych kosztów utrzymania – trwałe zabezpieczenie zmniejsza potrzebę kolejnych napraw
- poprawa bezpieczeństwa pracy - znaczne ograniczenie ryzyka poślizgnięć i upadków



REGENERACJA CZOPA WAŁU POD ŁOŻYSKIEM WENTYLATORA CIĄGU SPALIN - elektrociepłownia

Problem: Uszkodzenie wału wentylatora ciągu spalin. Wcześniejsze naprawy tradycyjnymi metodami okazały się nieskuteczne. Najczęstszą przyczyną takich uszkodzeń jest utrata właściwego pasowania (wcisku) pod występującą siłą dynamiczną w węźle, przenoszenie drgań z pracującej maszyny lub awaria.

Rozwiązanie: Odbudowa i modernizacja uszkodzonego wału wentylatora odciągu została wykonana metodą na „odwzorowanie” przy użyciu materiału kompozytowego Belzona®1511. Naprawa nie wymagała demontażu wału, a cały proces naprawy trwał zaledwie 6 godzin. Maszyna powróciła do eksploatacji już 24 godziny po naprawie.

Materiał: Belzona®1511

Dlaczego Belzona?

- bardzo krótki czas naprawy – sam proces regeneracji trwał ok. 6 godzin
- minimalizacja strat wynikających z postojów elektrociepłowni – uruchomienie maszyny już po 24 godzinach
- eliminacja kosztów transportu i obróbki warsztatowej – naprawa wykonana na miejscu
- zwiększenie niezawodności pracy wentylatora – stabilne osadzenie łożyska zmniejsza ryzyko kolejnych awarii



WZMOCNIENIE I ZABEZPIECZENIE GÓRNEJ DENNICY ZBIORNIKA - zbiornik z gorącym rozpuszczalnikiem

Problem: Korozja powierzchni zewnętrznej zbiornika i uszkodzenie wraz z perforacją górnej dennicy zbiornika. Wyciek gorącego medium (rozpuszczalnik, ponad 100°C). Powstałe uszkodzenia spowodowały obniżenie wytrzymałości zbiornika.

Rozwiązanie: Kopułę zbiornika poddano obróbce strumieniowo-ściernej. Wżery korozyjne uzupełniono materiałem Belzona®1511. Odbudowa i wzmocnienie powierzchni została przeprowadzona przy użyciu systemu Belzona®SuperWrap II. Naprawa zwiększyła termo-wytrzymałość zbiornika oraz jego chemoodporność, a zastosowana powłoka ochronna Belzona®1392 znacznie wydłuży jego żywotność.

Materiały:

Belzona®1511, Belzona®SuperWrap II, Belzona®1392

Dlaczego Belzona?

- wydłużenie żywotności zbiornika – wzmocnienie kopuły zapobiega dalszej degradacji i awariom
- ograniczenie ryzyka kolejnych perforacji – wzmocniona konstrukcja jest odporna na dalszą korozję
- znacznie niższe koszty w porównaniu do wymiany zbiornika
- minimalizacja przestojów instalacji – szybka realizacja naprawy
- brak kosztów związanych z demontażem i transportem zbiornika



Zgrany zespół to podstawa!



Piotr Gilewicz

Konsultant techniczny Belse, Wrocław

Czyż nie jest niesamowite, jak powstaje otaczający nas świat? To pytanie zadałem sobie, wybierając zarówno swoją ścieżkę zawodową, jak i pasję. Z wykształcenia jestem mechanikiem – lubię majsterkować, a jeszcze bardziej rozmawiać i dyskutować o możliwych rozwiązaniach technicznych. Fascynuje mnie moment, w którym teoria spotyka się z praktyką, a problem można przełożyć na konkretne, skuteczne działanie.

W wolnym czasie zakładam plecak, wygodne buty i wyruszam w drogę, eksplorując kraje, kultury i naturę. Podróżuję autostopem, bo daje mi to wolność, spontaniczność i możliwość prawdziwego kontaktu z ludźmi. Relacje i rozmowy z drugim człowiekiem są dla mnie podstawą zarówno podróży, jak i pracy zawodowej.

Praca w Belse pozwala mi spojrzeć na przemysł z innej perspektywy, a przede wszystkim daje przestrzeń do ciągłego rozwoju kompetencji. Technologie kompozytowe wielokrotnie pojawiały się na mojej ścieżce kariery i dziś są dla mnie narzędziem realnej pomocy klientom. Sam byłem zaskoczony skalą i zakresem ich zastosowań, zwłaszcza że każda aplikacja wymaga indywidualnego podejścia. Choć brzmi to jak ogrom wiedzy i doświadczenia, w Belse mogą liczyć na wsparcie zespołu, którego dziesiątki lat praktyki są z uśmiechem przekazywane kolejnym osobom w branży.



Wincenty Mikucewicz

Konsultant techniczny Belse, Szczecin

W firmie Belse pracuję od niedawna, jednak już jako młody inżynier, gdy zetknąłem się z technologiami kompozytowymi i ich ogromnym potencjałem, uznałem je za wyjątkowo innowacyjne i przyszłościowe rozwiązania. Idea ekologii jest mi szczególnie bliska – każdy, kto mnie zna, wie, że jestem wielkim zwolennikiem urządzeń z drugiej ręki. W wolnym czasie z pasją ratuję sprzęty przeznaczone do utylizacji, dlatego moja prywatna filozofia doskonale wpisuje się w strategię firmy, oparta na regeneracji, wydłużaniu cyklu życia infrastruktury oraz odpowiedzialnym zarządzaniu zasobami.

Jestem również zagorzałym kibicem piłki nożnej i aktywnym amatorem tej dyscypliny. Głęboko wierzę, że zarówno w sporcie, jak i w pracy, najwięcej osiąga się poprzez współpracę i wzajemne wsparcie. W Belse nie oferujemy wyłącznie materiałów Belzona – przede wszystkim jesteśmy rzetelnym partnerem, który dzieli się wiedzą, doradza oraz wspiera utrzymanie ruchu nawet w najbardziej wymagających warunkach infrastrukturalnych.

Dzięki doświadczeniu całego naszego zespołu inżynierów możemy proponować rozwiązania spełniające najwyższe standardy przemysłowe, jednocześnie minimalizując czas przestojów. Technologia kompozytowa to dla mnie skuteczna droga do generowania realnych oszczędności przy jednoczesnej trosce o środowisko naturalne. Cieszę się, że mogę wnieść swoją energię w rozwój tego obszaru oraz wspierać i inspirować naszych Klientów.

O tym, jak dokonują rzeczy niemożliwych z użyciem materiałów Belzona – na morzu i na lądzie

z **EDYTĄ AUGUSTYNIĄK** i **ŁUKASZEM SKIBĄ** z firmy SEBECO,

rozmawia **Tomasz Janiak**,
Konsultant Techniczny Belse z Gdańska

Tomasz Janiak: Pani Edyto, prowadzi Pani firmę serwisową w typowo męskiej branży, w kombinezonie roboczym ze szlifierką w ręku, to dość niespotykane. Ja wiem, że jest Pani doświadczonym specjalistą, ale jak reagują klienci?

Edyta Augustyniak: Przeważnie są zdziwieni i zaskoczeni, co robi kobieta w takiej branży, typowo męskiej. Jednak zawsze mogę liczyć na pomoc, traktują mnie bardzo dobrze, to miłe.

TJ: Współpracujemy razem już wiele lat, dostarczając Wam materiały do napraw i zabezpieczeń, kiedy był ten pierwszy raz jak usłyszeliście o materiałach Belzona?

Łukasz Skiba: To było 10 lat temu, ja wtedy pracowałem na wydziale maszynowym w Stoczni Remontowej Nauta, gdzie były stosowane.

TJ: Czyli macie 10 lat pracy z Belzoną...

EA: Na rynku działamy już ponad 10 lat, głównie w branży stoczniowej i morskiej, ale cały czas rozwijamy się. Wychodzimy też poza stocznie, mamy bardzo dużo zleceń dla różnych firm między innymi dla papierni, drukarni, wylewamy posadzki.

TJ: Biorąc pod uwagę Państwa doświadczenie z kompozytami Belzona, to który zrobił najlepsze wrażenie?

ŁS: Tak naprawę wszystkie materiały Belzona reprezentują bardzo wysoką jakość, więc ciężko wybrać ten jeden. Na pewno warto wyróżnić Belzona®1111 Super Metal, za jego wszechstronne zastosowanie do napraw i odbudowy – często go używamy i jest niezawodny. Kolejnym materiałem, który zrobił duże wrażenie na nas oraz na naszych klientach jest kompozyt Belzona®9611, którym można zatamować realne wycieki cieczy takich jak na przykład paliwo.

TJ: Jakie jeszcze problemy rozwiązujecie przy użyciu materiałów Belzona?

ŁS: Z uwagi na to, że jesteśmy Autoryzowanym Serwis Partnerem Belse, nasz obszar działania obejmuje wiele zakładów różnych branż przemysłu. Jednak najwięcej napraw wykonujemy dla branży stoczniowej i offshore. Najczęściej są to naprawy i odbudowy zmęczonych elementów stalowych – naprawy gniazd łożyskowych, pęknięcia bloków silnika, odbudowy kawitacji na płatach śruby napędowej czy tulei cylindrowych silnika. Robimy także zabezpieczenia różnego rodzaju elementów przed oddziaływaniem czynników chemicznych.

TJ: To bardzo ciekawe zastosowania, często ratujące urządzenia i maszyny. Wobec tego, które cechy i właściwości materiałów naprawczych są dla Was najistotniejsze?

ŁS: Przede wszystkim jest to wysoka jakość materiałów, a co za tym idzie trwałość naprawy, którą wykonujemy. Ważne jest dla nas to, że materiały Belzona posiadają wiele międzynarodowych akredytacji i przeprowadzonych badań, które potwierdzają ich skuteczność i niezawodność. Duża różnorodność materiałów pozwala rozwiązać szereg różnych problemów w wielu gałęziach przemysłu.

EA: Ważne, że są to szybkie i skuteczne rozwiązania, które umożliwiają nam udzielenie wsparcia naszym klientom, rozwiązujemy wiele naprawdę różnorodnych problemów.



*Ekipa Sebeco do zadań specjalnych
Edyta Augustyniak i Łukasz Skiba*

TJ: Jakie są Państwa spostrzeżenia jeśli chodzi o zastosowanie technologii kompozytowej Belzona w porównaniu do tradycyjnych metod wysokoenergetycznych takich jak spawanie czy napawanie?

ŁS: Technologie kompozytowe są coraz chętniej i coraz częściej stosowane już na etapie projektowym oraz w fazie produkcji. Znakomicie sprawdzają się zwłaszcza tam, gdzie są ograniczenia wprowadzania ciepła lub gdy zależy nam na skróceniu czasu przestoju. Naprawy przy użyciu kompozytów są też dużo szybsze i bezpieczniejsze niż przy tradycyjnej naprawie ze spawaniem.

TJ: Czy pamiętacie najbardziej spektakularną naprawę, która dostarczyła użytkownikowi wiele korzyści?

ŁS: W przypadku Belzony to można powiedzieć, że każda naprawa jest spektakularna i robi duże wrażenie. Nasi klienci często mówią, że dokonaliśmy rzeczy wręcz niemożliwych. Jedną z ciekawszych aplikacji wykonaliśmy ostatnio, była to naprawa – doszczelnienie poszycia dachu na pływającym zbiorniku paliwowym w bazie paliwowej. Ten zbiornik ma ok. 3 miliony litrów paliwa w sobie. Na złęczach spawanych na dachu wystąpił przeciek. Zastosowaliśmy tam kompozyt Belzona®4361 w formie elastycznej powłoki epoksydowej do zabezpieczeń przed oddziaływaniem substancji chemicznych. Materiał znakomicie się tam sprawdził jako elastyczne uzupełnienie tych spawów i ostatecznie problem został zażegnany.

TJ: To faktycznie bardzo ciekawa i nietypowa aplikacja. Ponieważ spotkaliście się w przerwie pomiędzy naprawami w stoczni, czy możecie zdradzić czym się dzisiaj zajmujecie?

ŁS: Dzisiaj będziemy regenerować płyty śruby napędowej i zabezpieczać przed kawitacją. Oczywiście z wykorzystaniem materiałów Belzona. Będziemy używać materiałów Belzona®1311 i Belzona®1321, które dobrze już znamy.

TJ: Pani Edyto, co Pani najbardziej lubi w swojej pracy?

EA: Przede wszystkim to, że nie jest monotonią. Każdego dnia bardzo dużo się dzieje. Lubię współpracować z różnymi klientami, firmami. Rozwiązujemy ich problemy, to przynosi mi satysfakcję.

TJ: „Jestem kobietą pracującą, która żadnej pracy się nie boi” – czy identyfikuje się Pani z tymi słowami?

EA: Dokładnie tak jest, przez to co robię nie boję się już żadnej pracy. A więc, kobiety na traktory ;)

TJ: Dziękuję bardzo za rozmowę i życzę dalszych sukcesów oraz kolejnych spektakularnych napraw.

Współpraca Belse z Uniwersytetem Morskim

– technologia kompozytowa w okrętownictwie

Opracowała: Anna Machłajewska



Współczesne okrętownictwo i przemysł morski stoją przed coraz większymi wyzwaniami technicznymi: intensywna korozja, skracanie przestojów remontowych, optymalizacja kosztów eksploatacji oraz konieczność wydłużania żywotności infrastruktury i urządzeń. Odpowiedzią na te potrzeby są nowoczesne technologie materiałowe oraz ścisła współpraca pomiędzy przemysłem a środowiskiem naukowym.

Przykładem takiego podejścia jest wieloletnia współpraca Belse z Uniwersytetem Morskim w Gdyni, która łączy doświadczenie praktyczne przemysłu morskiego z zapleczem badawczo-dydaktycznym uczelni.



stłu, inżynierów, mechaników oraz środowiska naukowego i sprzyja budowaniu trwałych relacji między nauką a praktyką przemysłową.

Materiały kompozytowe Belzona odgrywają coraz większą rolę w technice okrętowej. Ich wysoka odporność na korozję, erozję, działanie chemikaliów oraz zmienne warunki temperaturowe sprawia, że doskonale sprawdzają się w środowisku morskim. Możliwość wykonywania napraw „na zimno”, bez demontażu i spawania, stanowi istotną przewagę operacyjną, szczególnie w warunkach eksploatacyjnych jednostek pływających i instalacji offshore.

Wspólny kurs na przyszłość

Wieloletnia współpraca Belse z Uniwersytetem Morskim w Gdyni potwierdza, że dialog pomiędzy nauką a przemysłem stanowi fundament rozwoju nowoczesnego okrętownictwa i gospodarki mor-



skiej. Połączenie zaplecza badawczego uczelni z doświadczeniem operacyjnym przemysłu umożliwia skuteczne odpowiadanie na realne wyzwania techniczne oraz wdrażanie innowacyjnych rozwiązań w praktyce.

Wspólne inicjatywy, projekty oraz wymiana wiedzy budują trwałe relacje, które przekładają się na rozwój kompetencji, podnoszenie standardów technicznych oraz wzmacnianie konkurencyjności polskiego sektora morskiego. To partnerstwo wyznacza kierunek dalszych działań – opartych na innowacji, odpowiedzialności i wspólnej wizji przyszłości.



Wymiana doświadczeń – realne korzyści dla przemysłu i nauki

Ta współpraca opiera się na praktycznej wymianie wiedzy pomiędzy trzema środowiskami: przemysłem, gospodarką morską oraz nauką. Jako Autoryzowany Partner materiałów kompozytowych Belzona w Polsce, Belse wnosi do tej współpracy sprawdzone technologie kompozytowe, wykorzystywane na jednostkach pływających, platformach offshore, w stoczniach oraz zakładach przemysłowych.

Dla przemysłu oznacza to dostęp do nowoczesnych rozwiązań naprawczych i ochronnych, możliwość konsultowania rzeczywistych problemów technicznych z zapleczem naukowym, skrócenie przestojów remontowych i obniżenie kosztów eksploatacji, a także wydłużenie żywotności urządzeń i konstrukcji.

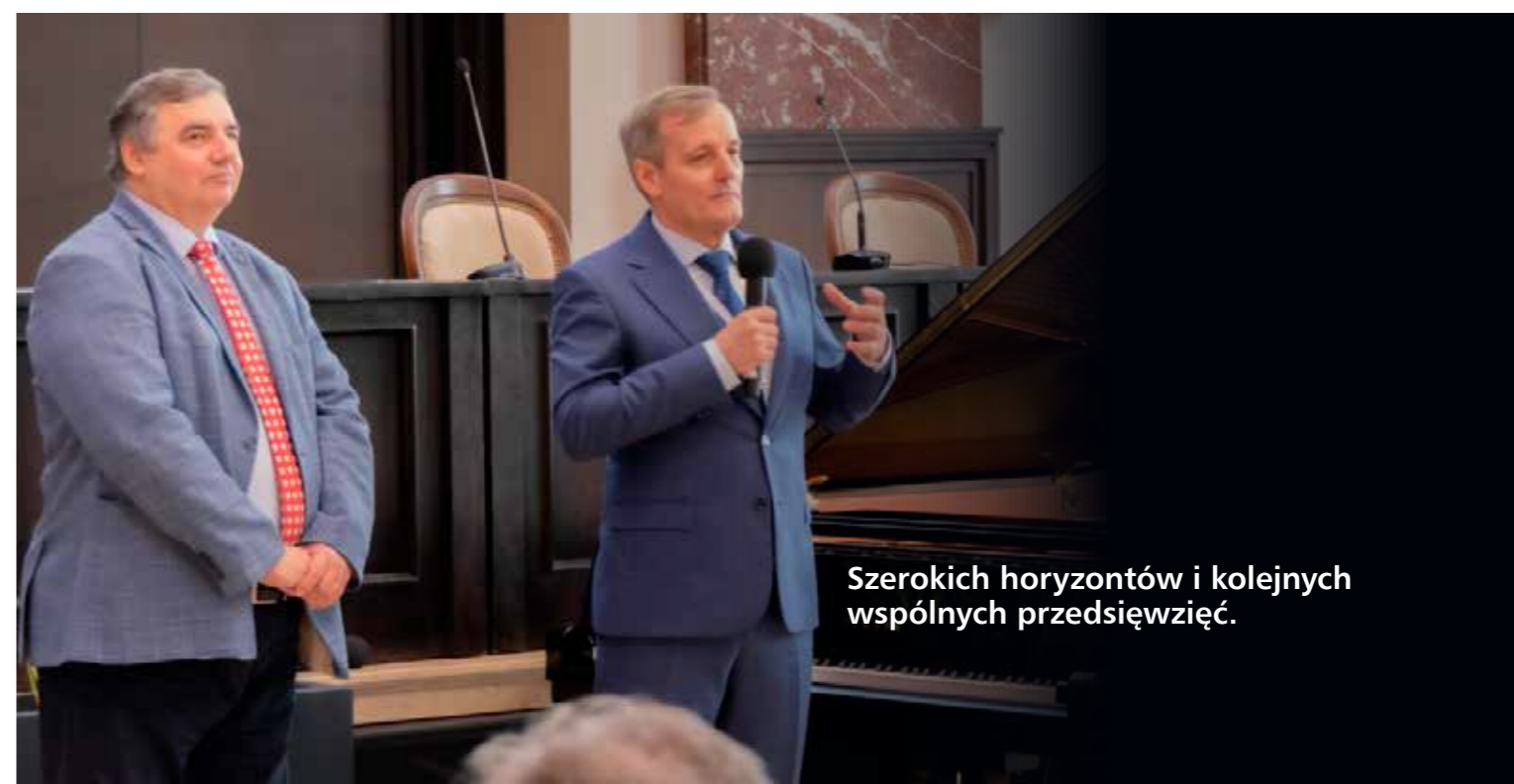
Z kolei dla środowiska akademickiego współpraca ta przynosi wzbogacenie programów nauczania np. o zajęcia fakultatywne z moż-

liwością pracy z nowoczesnymi materiałami kompozytowymi, bezpośredni kontakt z aktualnymi problemami techniki okrętowej oraz lepsze przygotowanie absolwentów do pracy zawodowej.

Belzona w Technice Okrętowej jako element nowoczesnego okrętownictwa

Kolejnym elementem współpracy są warsztaty naukowo-techniczne „Belzona w Technice Okrętowej”, organizowane wspólnie z Wydziałem Mechanicznym Uniwersytetu Morskiego w Gdyni oraz Kołem Naukowym Nautica. Stanowią one bezpośrednią platformę współpracy z przemysłem morskim i okrętowym, umożliwiając wymianę wiedzy, doświadczeń oraz konsultacje eksperckie.

Warsztaty koncentrują się na praktycznym zastosowaniu technologii kompozytowych Belzona w naprawach, regeneracji i ochronie konstrukcji oraz urządzeń pracujących w warunkach morskich. Obejmują rzeczywiste studia przypadków oraz pokazy praktyczne z aplikacją materiałów. Inicjatywa skierowana jest do przedstawicieli przemy-



Szerokich horyzontów i kolejnych wspólnych przedsięwzięć.



Posadowienie na kompozycie polimerowym to także ochrona przeciw-korozyjna

Chloe Hirst Senior Copywriter, Belzona Limited

Posadowienie maszyn z wykorzystaniem polimerowych podlewek jest stosowane w przemyśle na całym świecie w tym również w technice okrętowej i obiektach offshore. Zapewniają perfekcyjne ustawienie oraz stanowią niezawodną wibroizolację.

Ograniczenie awarii dzięki skutecznemu, precyzyjnemu pozycjonowaniu

W przemyśle ciężkim precyzyjne ustawienie jest niezbędne dla zapewnienia bezpiecznej i wydajnej pracy. Podlewki umożliwiają precyzyjną regulację poziomowania i osiowania zwłaszcza gdy podłoże montażu maszyny/urządzenia jest pozycji nierówne i nie zlegalizowane; podlewka jako nawet bardzo gruba warstwa korygująca tworzy ciągłą, nośną powierzchnię styku, zdolną do podtrzymywania silników, układów napędowych, sprzężarek, generatorów, przekładni i innych urządzeń. Prawidłowo wykonane posadowienie z podlewką kompozytu polimerowego zwiększa niezawodność w eksploatacji oraz znacząco obniża poziom wibracji.

Wady rozwiązań konwencjonalnych

Rozwiązania konwencjonalne, takie jak podkładki stalowe czy zaprawy cementowe, mają swoje ograniczenia. Pomiędzy wielowarstwowymi podkładkami (blaszkami, klinami) rozwija się z biegiem czasu proces korozyjny (często złożony z kilku mechanizmów korozyjnych np. korozyjność szczelinowa, stężeniowa czasem naprężeniowa itp.), którego produkty jako bardzo higroskopijne – pęcznią i to może doprowadzić nawet do rozregulowania ustawień montażowych a więc w efekcie wzrostu wibracji lub nawet bicia. Produkty na bazie cementu posiadają wysoki skurcz utwardzania, co utrudnia lub nawet uniemożliwia precyzyjne ustawienia w trakcie montażu. Cementowe podlewki łatwo pękają zwłaszcza pod wpływem obciążeń cyklicznych. Z czasem może to prowadzić do naruszenia integralności konstrukcji, problemów z wibracjami lub przyspieszonego zużycia.



Podlewka Belzona®7111 łatwo wypełnia obszar posadowienia.
Zdjęcie: Rezitech.com.au

Zalety zastosowania kompozytów polimerowych

Alternatywne rozwiązania polimerowe okazały się wysoce skuteczne w eliminowaniu powyższych problemów. Zaprojektowane z myślą o odporności w wymagających warunkach przemysłowych, zapewniają stabilność wymiarową, wysoką wytrzymałość na obciążenia mechaniczne.



Utwardzona podlewka zapewnia długotrwałą ochronę przed korozją.
Zdjęcie: Rezitech.com.au



Podstawa urządzenia wykonana przy użyciu Belzona®7211

System posadowienia maszyn z użyciem kompozytów polimerowych: Belzona®7111

Kompozyt Belzona®7111 jest szeroko stosowany w przemyśle i okrętownictwie. Ten w 100% stały, dwuskładnikowy system został opracowany do stosowania w zastosowaniach wymagających dużych obciążeń i precyzyjnego podlewania. Jego samopoziomujące i płynne właściwości pozwalają mu łatwo rozpląwać się i całkowicie wypełniać trudno dostępne przestrzenie w złożonych geometriach posadowienia, zapewniając równomierny kontakt między urządzeniami a ich fundamentem.

Po utwardzeniu Belzona®7111 tworzy solidny, monolityczny blok, odporny na odkształcenia plastyczne pod wpływem obciążeń statycznych i dynamicznych oraz jest całkowicie odporny na korozję. Ta stabilność pomaga utrzymać prawidłowe ustawienie, redukuje wibracje i chroni elementy montażowe przez cały okres eksploatacji urządzenia.

Belzona®7111 posiada uznanie:

- American Bureau of Shipping (ABS)
- Bureau Veritas (BV)
- Det Norske Veritas (DNV)
- Lloyd's Register (LR)

Możliwość wykonania niestandardowych podlewek

W przypadku, gdy wymagane jest wypełnienie bardzo dużych objętości dla osiągnięcia nominalnego ustawienia maszyny, rekomenduje się użycie kompozytu, Belzona®7211 również jako bardzo wytrzymałych mechanicznie podkładek wibroizolacyjnych. System ten jest często stosowany, gdy tradycyjne podkładki nośne lub podkładki odporne na uderzenia nie zapewniają ciągłego podparcia wymaganego dla ciężkiego sprzętu.

Dzięki właściwościom samopoziomującym i doskonałej wydajności w przypadku nierównych lub nieregularnych fundamentów, Belzona®7211 zapewnia równomierny rozkład obciążeń, zmniejszając ryzyko zmęczenia mechanicznego, awarii związanych z wibracjami i zdepozycjonowania.

Długotrwała ochrona przed korozją i stabilność wymiarowa

Ważną zaletą polimerowych podlewek jest zahamowanie procesów korozyjnych w strefie posadowienia na styku elementów współpracujących. Metalowe podkładki i zaprawy cementowe mogą zatrzymywać wilgoć, co prowadzi do rozwoju korozji w tym korozji wżerowej prowadzącej nawet do pęknięć. Zastosowanie kompozytów polimerowych eliminuje te zagrożenia. Kompozyty są nieporowate i zachowują stabilność wymiarową w agresywnych środowiskach, w wodzie morskiej, na platformach wiertniczych i w warunkach przemysłowych o wysokiej wilgotności.

Dzięki zachowaniu stabilnej geometrii i odporności na korozję, systemy polimerowe, takie jak Belzona®7111 i Belzona®7211, pomagają wydłużyć żywotność urządzeń, zmniejszyć częstotliwość konserwacji i zapobiec kosztownym, nieplanowanym przestojom.

Seminarium Techniczne



BELZONA ■ NAPRAWY I ZABEZPIECZENIA W PRZEMYŚLE

19 lutego 2026, Morskie Centrum Nauki w Szczecinie

Podczas wydarzenia zaprezentowaliśmy praktyczne zastosowania kompozytów polimerowych Belzona w naprawach i zabezpieczeniach infrastruktury przemysłowej. Omawialiśmy rozwiązania, które:

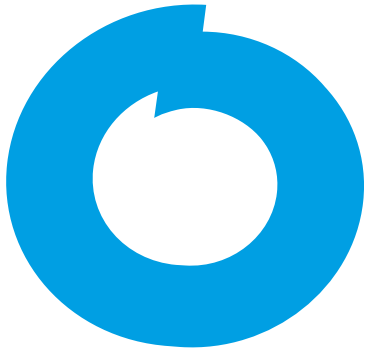
- pozwalają szybko przywrócić sprawność urządzeń bez kosztownych przestojów,
- chronią konstrukcje przed korozją, erozją i oddziaływaniem chemicznym,
- zwiększają odporność na intensywną eksploatację i ścieranie,
- wydłużają okresy eksploatacji elementów krytycznych,
- pomagają podejmować świadome decyzje: naprawa czy wymiana – w oparciu o analizę kosztów i efektywności technicznej.

Sprawdź gdzie i kiedy najbliższe seminarium:



TECHNOLOGIA
KOMPOZYTOWA
DLA PRZEMYSŁU


BELZONA[®]
Ulepszenie • Naprawa • Ochrona



BELSE

Porozmawiaj z konsultantem
technicznym **BELSE**, aby

- Unikać drogich napraw i ograniczyć koszty remontów
- Ochronić przed korozją urządzenia, obiekty i konstrukcje
- Unikać awarii i długotrwałych przestoju

MATERIAŁY NAPRAWCZE

OCHRONA POWIERZCHNI

PRZYWRACANIE SZCZELNOŚCI

POPRAWA SPRAWNOŚCI



KOMPAS

BELSE Spółka z o.o.
ul. Szyprów 17, 43-382 Bielsko-Biała
Tel. 33 810 07 18, fax 33 818 46 79

 **BELSE**


BELZONA[®]
Ulepszenie • Naprawa • Ochrona



www.belse.com.pl