

Wymienniki ciepła do instalacji HVAC – kluczowe aspekty jakości, projektowania i eksploatacji



Adam Hajduk

ENA WENT Sp. z o.o.

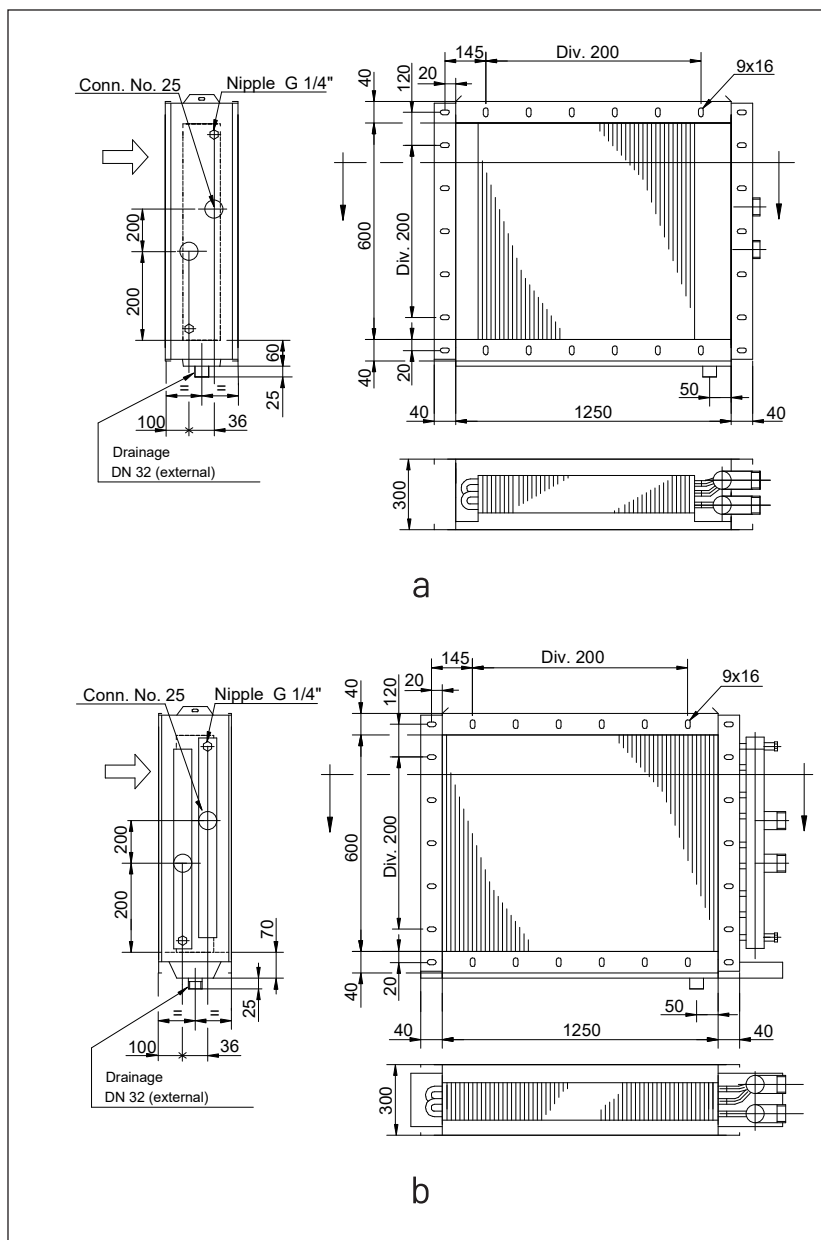
Wymienniki ciepła są jednym z podstawowych elementów stosowanych w instalacjach ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji (HVAC) oraz w instalacjach przemysłowych. Nagrzewnice i chłodnice wodne /glikolowe kanałowe, nagrzewnice i chłodnice freonowe kanałowe choć wydają się urządzeniami nieskomplikowanymi i prostymi w konstrukcji (podobnie jak nagrzewnice elektryczne kanałowe), kryją w sobie szereg wyzwań produkcyjnych, które decydują o ich ostatecznej jakości i efektywności. Należy mieć na uwadze, że narzędzia projektowe, choć umożliwiają prognozowanie parametrów urządzenia i dopasowanie ich do konkretnych instalacji, jednak rzeczywiste wartości parametrów użytkownych wynikają z ich produkcji i mogą odbiegać od założeń, ponieważ podczas eksploatacji istnieje możliwość powstawania przepływów laminarnych, które powodują konieczność zwiększenia pola wymiany ciepła (większa ilość rzędów, mniejszy odstęp lamel, większy wymiar) w stosunku do przepływu turbulentnego, aby uzyskać ten sam efekt wydajnościowy. Innym problemem może być również nieprawidłowa wartość ciśnienia w wymiennikach po stronie czynnika. Ryzyko ciśnieniowe w rurkach jest określane odpowiednią kategorią zdefiniowaną w przepisach. Klasyfikacja PED (Pressure Equipment Directive) dzieli urządzenia ciśnieniowe na cztery kategorie ryzyka (I, II, III, IV), gdzie kategoria I oznacza najniższy stopień zagrożenia, a IV najwyższy. Ocenę zgodności dla kategorii II-IV zawsze musi przeprowadzić jednostka notyfikowa-

na (np. TUV, UDT-CERT), natomiast dla kategorii I może to być samoocena producenta. Klasyfikacja uwzględnia m.in. parametry cieczy roboczej i jej właściwości (np. toksyczność, łatwopalność), które są podzielone na dwie grupy: I (płyny niebezpieczne) i II (pozostałe). Klasyfikacja PED

		Declaration of conformity PED 014/68/EU Försäkran om överstämmelse QLAZ-06-80	
Hereby Modine Söderköping AB confirms that the product is manufactured according to Module A according to PED 2014/68/EU. The product is designed according harmonized standards EN 13445-2, EN 13445-3 and /or EN 13480 Modine is certified according EN 3834-2 and welding and brazing operations are co-ordinated by International Welding Specialist (IWS)			
Description of Pressure Equipment:	Finned Heat Exchanger		
Conformity Assessment Procedure:	Module A acc to PED 2014/68/EU		
	Cat. I		
Notified Body carrying out Inspection and monitoring the manufactures Quality assurance system:	Kiwa Inspecta Sweden AB NB No. 0409		
Product Certificate:	QLAZ 0660		
Quality Assurance system:	ISO 9001:2015		
Applied harmonised standards:	EN 13445 Swedish Pressure Vessel Code EN 13480 Swedish piping code		
Swedish regulation::	AFS:2016:1		
Modine Söderköping AB 2020-02-25 Giovanni Franco Technical Manager			

Rys. 1. Deklaracja zgodności potwierdzająca wykonanie wg dyrektywy PED 014/68/EU, w kategorii I

Źródło: materiały producenta – Modine Söderköping AB, certyfikat PED



Rys. 2. Konstrukcje obudowy wymiennika

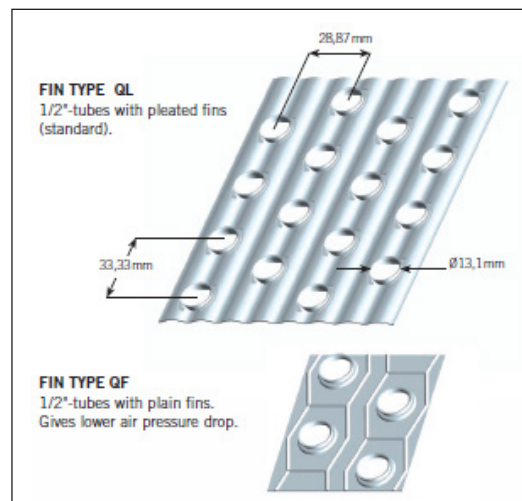
Źródło: materiały producenta – Modine Söderköping AB, rysunki konstrukcyjne

według kategorii

- **Kategoria I:** najniższy stopień zagrożenia; w tym przypadku ocena zgodności może być przeprowadzona samodzielnie przez producenta.
- **Kategoria II–IV:** wymagana obecności jednostki notyfikowanej (np. TUV, UDT-CERT) do przeprowadzenia oceny zgodności.
- **Kategoria IV:** najwyższy stopień ryzyka.

Przy wyższych wartościach ciśnienia po stronie czynnika konieczna jest weryfikacja urządzenia przez niezależne laboratorium certyfikujące. Na rysunku nr 1 przedstawiono przykład dokumentu wystawianego przez producenta wymienników kanałowych dla kategorii I z danymi jednostki monitorującej system jakości producenta.

Po doborze urządzenia należy zatem rozważyć czy teoria wyrażona w karcie doborowej będzie przełożona na dostarczone urządzenie, a wyprodukowany wymiennik zgodny z oczekiwaniami. Nawet niewielkie odchylenia geometryczne mogą wpływać na szczelność i efektywność



Rys. 3. Rodzaje profili lamel

Źródło: materiały producenta – Modine Söderköping AB

wymiennika, z tej przyczyny nowoczesny park maszynowy, precyzja technologiczna, kontrola jakości na każdym etapie produkcji, stosowanie właściwych materiałów itp. są szczególnie istotne i pozwalają na seryjne wytwarzanie wymienników o powtarzalnych parametrach.

Jednym z najważniejszych elementów, na który projektant powinien mieć wpływ w momencie doboru urządzenia do danego zastosowania, jest konstrukcja wymiennika, która finalnie wpływa na koszty inwestycyjne i eksploatacyjne instalacji a także zabezpieczenie przed ryzykiem przecieków, strat energetycznych, awarii, itp. W kolejnych punktach scharakteryzowano aspekty konstrukcyjne, które mogą wpływać na efektywność danego wymiennika.

1. Obudowa: Materiał obudowy uzależniony jest od miejsca zastosowania urządzenia, przy czym nie zawsze jest potrzeba stosowania stali nierdzewnej lub kwasoodpornej. W podstawowych aplikacjach można stosować stal ocynkowaną, ale niedużo

droższy jest Alucynk lub Magnelis, który pozwala na stosowanie wymiennika w środowisku korozyjnym (nawet o kategorii C4 lub C5). Najczęściej spotykaną konstrukcją obudowy wymienników kanałowych jest jego wykonanie z zewnętrznymi kolektorami (rysunek 2 „a”), jednak nieznacznie droższa konstrukcja z zabudowanym kolektorem i zabudowanymi kolankami (rysunek 2 „b”) pozwala na zminimalizowanie ryzyka przecieku powietrza, które może pojawić się przy przejściu kolanek i rurek przez obudowę. Konstrukcję z zabudowanymi kolektorami sugeruje się stosować przy sprężach w instalacji przekraczających 300Pa. Dużą zaletą tej konstrukcji jest też fakt, że taca ociekowa nie wychodzi poza obrys kanału co pozwala na wyeliminowanie ryzyka przelania tacy znajdującej się pod kolektorem

2. Lamle: Lamle można wykonać z aluminium, miedzi lub z powłokami antykorozyjnymi. Na decyzję o wyborze materiału, z którego mają być wykonane lamle-

Tabela 1. Prawidłowe prędkości powietrza i czynnika w wymienniku.

Prędkość	Chłodzenie	Grzanie
Prędkość powietrza, m/s	2–2,9A	2–5
Prędkość czynnika, m/s	0,2B–2C	0,2B–1,5C

Wyjaśnienie do oznaczeń zastosowanych w tabeli: A) Przy prędkości większej niż 2,9 m/s konieczne jest zastosowanie odkraplacza, dobrą praktyką jest jego stosowanie od prędkości 2,5 m/s; B) Minimalna prędkość zależy od temperatury czynnika; C) Maksymalna prędkość dla rurek miedzianych ze względu na ryzyko erozji

Tabela 2. Porównanie parametrów chłodziń kanałowych przy różnych ilościach przejść czynnika przez przepływające powietrze.

8 przejść, 23kPa		6 przejść; 10kPa	
Id		Id	
Capacity	15.9 kW	Capacity	13.7 kW
Flow rate	3000 ml/h	Flow rate	3000 ml/h
Temperature in	30.0 deg C	Temperature in	30.0 deg C
Humidity in	45 %	Humidity in	45 %
Temperature out	18.0 deg C	Temperature out	19.0 deg C
Humidity out	82 %	Humidity out	80 %
Condensate	1.4 g/s	Condensate	0.9 g/s
Pressure drop, wet / dry	64 / 54 Pa	Pressure drop, wet / dry	61 / 54 Pa
Velocity	2.0 m/s	Velocity	2.0 m/s
Water with 35 % Ethylene Glycol		Water with 35 % Ethylene Glycol	
Flow rate	0.71 l/s	Flow rate	0.61 l/s
Temperature in	6.0 deg C	Temperature in	6.0 deg C
Temperature out	12.0 deg C	Temperature out	12.0 deg C
Pressure drop	23 kPa	Pressure drop	10 kPa
Velocity	1.1 m/s	Velocity	0.8 m/s
Max working pressure	1.6 MPa	Max working pressure	1.6 MPa
Max working temperature	110 °C	Max working temperature	110 °C
PED (2014/68/EU)	Art 4.3	PED (2014/68/EU)	Art 4.3
Width	1000 mm	Width	1000 mm
Height	500 mm	Height	500 mm
No. of tube rows	3	No. of tube rows	3
Fin pitch	2.0 mm	Fin pitch	2.0 mm
No. of liquid passes	8	No. of liquid passes	6
Connection number	DN 1x25	Connection number	DN 1x25
Face area / Heat surface	0.43 / 33 m ₂	Face area / Heat surface	0.43 / 33 m ₂
Weight / Volume	29 / 6.4 kg / l	Weight / Volume	29 / 6.4 kg / l

le, wpływają takie czynniki jak: warunki pracy urządzenia, wymagania higieniczne, oczekiwana trwałość oraz aspekty ekonomiczne. Najpopularniejszym materiałem lamel jest aluminium, ale należy pamiętać, że istnieje też możliwość wykonania lamel miedzianych. Wprawdzie są one dużo droższe, ale mają wyższą przewodność cieplną oraz lepszą odporność na środowiska agresywne. Stosowane są szczególnie tam gdzie liczy się trwałość, odporność na korozję, skuteczna wymiana ciepła i higiena pracy urządzeń. W przypadku lamel aluminiowych można stosować ich różne grubości, od standardowej grubości wynoszącej 0,11 mm do 0,38mm. Grubsze lamele są bardziej sztywne, bardziej bezpieczne przy konieczności częstego mycia środkami myjącymi pod ciśnieniem. Grubsze lamele stosuje się również w instalacjach, w którym powietrze może być mocniej zabrudzone i istnieje ryzyko ścierania materiału. Kolejnym bardzo ważnym elementem jest ich profil – standardowo stosowane są lamele karbowane (oznaczenie QL na rysunku 3), ale drugą ich wersją, trochę droższą, są lamele płaskie (oznaczenie QF na rysunku 3) pozwalające na redukcję spadku ciśnienia po stronie powietrza nawet o ok. 20%.

3. Rurki wymiennika: Grubości najczęściej stosowanych

rurek to 0,32 mm, 0,65 mm i 0,85 mm. Grubsze rurki stosowane są przy wyższych wymaganiach ciśnieniowych, np. przy pracy przy wyższych temperaturach. Przy wyższych temperaturach niż 110°C rurki nie powinny być cieńsze niż 0,65 mm. Narzędzia doborowe producentów powinny podpowiadać jaka powinna być ich grubość przy danym zastosowaniu.

Przy rozważaniach dotyczących kanałowych chłodziń i nagrzewnic warto zwrócić również uwagę na przepływ czynnika i powietrza, tj. wymienniki zawsze są montowane w układzie przepływu przeciwpądowego w stosunku do kierunku przepływu powietrza, gdyż montaż w układzie współpądowym powoduje spadek wydajności nawet o ok. 20%. Ponadto w dobranym przez projektanta wymienniku, prędkości czynnika grzewczego/chłodzącego i powietrza powinny odpowiadać wartościom z poniżej tabeli 1.

Efektywna praca urządzeń zależy również od prawidłowego doboru parametrów hydraulicznych, w tym spadku ciśnienia po stronie czynnika grzewczego lub chłodzącego. Optymalny spadek jest kompromisem pomiędzy efektywnością wymiany ciepła, a zużyciem energii przez pompę oraz trwałością instalacji. Im wyższy spadek ciśnienia tym większa moc wymagana do napędu pomp, ryzyko

erozji rur i uszkodzeń mechanicznych; zbyt niski spadek oznacza zbyt małą prędkość przepływu, co prowadzi do pogorszenia wymiany ciepła i ryzyka powstawania stref nie przepływowych, może skutkować niedostatecznym ogrzaniem/ochłodzeniem powietrza, sprzyja powstawaniu osadów i zapowietrzeniu instalacji. Praktyka projektowa i eksploatacyjna stanowi, że najbardziej optymalne spadki ciśnienia czynnika zawierają się w przedziale od kilku do kilkunastu kPa.

Kolejnym parametrem odnoszącym się do przepływu przez zawór jest współczynnik przepływu (Kvs), który określa wartość przepływu przez zawór przy określonym spadku ciśnienia. Optymalne wartości Kvs zawierają się w przedziale: 1,0–4,0 m³/h dla nagrzewnic i chłodnic o małej i średniej mocy (do ok. 20 kW); 4,0–10,0 m³/h dla większych urządzeń (20–50 kW); Powyżej 10,0 m³/h dla urządzeń dużej mocy (powyżej 50 kW). Warto pamiętać, że zawory o zbyt dużym Kvs mogą powodować utratę precyzji regulacji i trudniejsze sterowanie, natomiast zbyt niski Kvs skutkuje zbyt dużymi oporami przepływu i niedostatecznym ogrzaniem/ochłodzeniem powietrza.

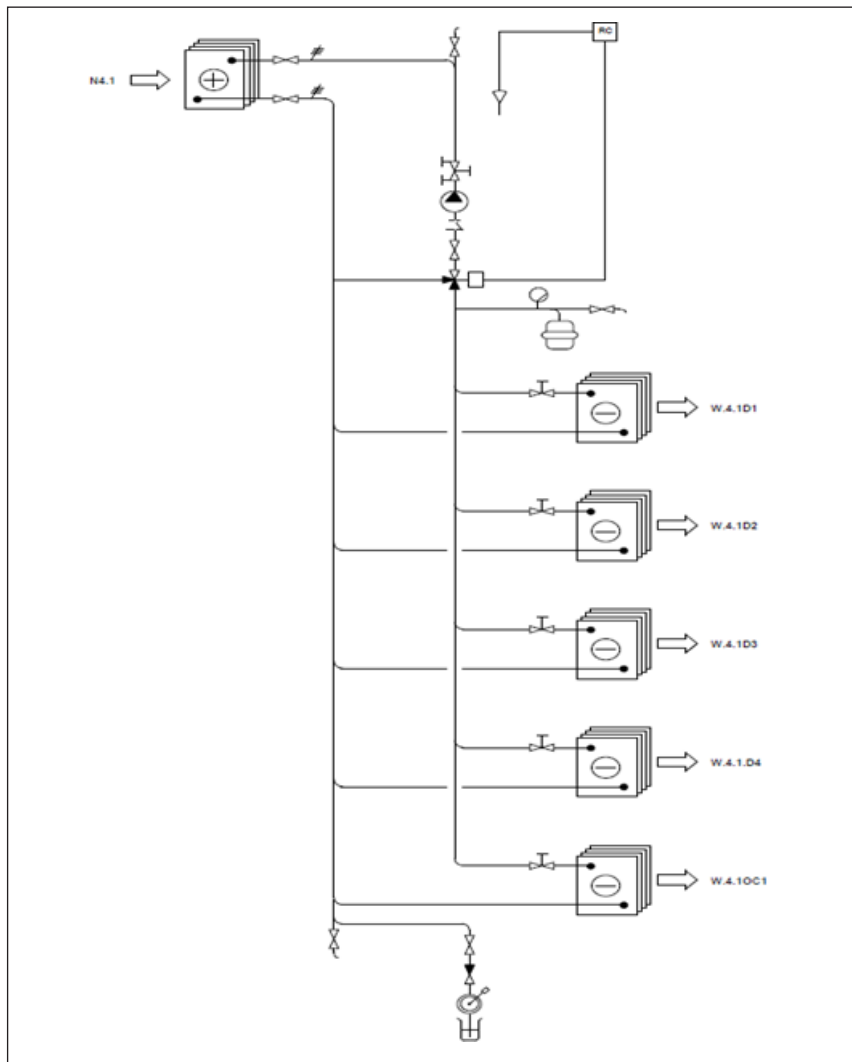
Elementem konstrukcyjnym wymienników decydującym o spadku ciśnienia po stronie czynnika jest również tzw. ilość obiegów, rozumiana jako ilość przejść czynnika przez przepływające powietrze – im mniejsza ilość przejść tym mniejsze spadki ciśnienia. Określenie wielkości spadku ciśnienia przy niewielkiej zmianie ilości przejść ilustruje przykład przedstawiony w Tabeli 2.

W obu przykładach osiągamy schłodzenie do ok. 20°C, niemniej jest ono osiągane przy ponad dwukrotnej różnicy w wartości spadku ciśnienia. Widzimy zatem jak bardzo dany element konstrukcyjny, pozwala na optymalizację projektową urządzenia.

W rozważaniach dotyczących kanałowych wymienników ciepła do instalacji HVAC warto przyrzeć się również wielowymiennikowym układom odzysku ciepła, którego przykładowy schemat przedstawiamy na Rysunku 4.

Najbardziej rozpowszechnione są systemy montowane w centralach wentylacyjnych z jednym wymiennikiem w sekcji nawiewnej i jednym w sekcji wywiewnej. Istnieje jednak możliwość pracy na układach wielowymiennikowych kanałowych lub takich, w których łączymy wymienniki kanałowe z wymiennikami montowanymi w centralach.

Efektywne wykorzystanie energii cieplnej odzyskiwanej z powietrza wywiewanego przyczynia się do obniżenia kosztów eksploatacyjnych obiektu. Jednak opłacalność wdrożenia zależy od bilansu energetycznego, kosztów inwestycji i eksploatacji. Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu takiego rozwiązania konieczne jest przeprowadzenie analizy opłacalności. Istnieje jednak możliwość odpowiedniego doboru wymienników w układach odzysku



Rys. 4. Schemat wielowymiennikowego układu odzysku ciepła
Źródło: materiały producenta – Modine Söderköping AB

ciepła. Każdy wymiennik może być indywidualnie dostosowywany pod względem konstrukcji, stosowanych materiałów, parametrów technicznych co powoduje, że jego zastosowanie może okazać się opłacalne na wielu obiektach, począwszy od budynków komercyjnych a skończywszy na przemysłowych.

Układy odzysku są rozwiązaniem polecanym przede wszystkim w obiektach o dużym i ciągłym zapotrzebowaniu na świeże powietrze, w obiektach gdzie nie ma możliwości mieszania strumieni powietrza i gdzie odległości pomiędzy częścią nawiewną i wywiewną są duże. Najlepiej sprawdzają się w różnego rodzaju przemyśle, np. farmaceutycznym lub spożywczym, ale również na takich obiektach jak biurowe czy szpitale, zatem wszędzie, gdzie występuje intensywna ciągła wentylacja. Dodatkowo połączenie układu odzysku z innym odbiornikiem niż instalacja wentylacji, np. za pomocą wymiennika płytowego, można przekazywać energię cieplną do wstępnego podgrzania płynu, np. podgrzewanie wody na powrocie do kotłowni, ciepłej wody użytkowej, wody do myjek, itp.

Jeszcze jednym bardzo ważnym zagadnieniem, które występuje w wielu obiektach (szczególnie przemysłowych) jest konieczności zabezpieczenia chłodnic i nagrzewnic kanałowych przed działaniem korozji. Korozja jest odpowiedzialna za około 40% wszystkich awarii w systemach

Tabela 3. Kategorie korozyjności atmosfery wg PN-EN ISO 12944-2

KATEGORIA KOROZYJNOŚCI	PRZYKŁADY ŚRODOWISK TYPOWYCH DLA KLIMATU UMIARKOWANEGO	
	NA ZEWNĄTRZ	WEWNĄTRZ
1 – Bardzo mała	Nie dotyczy	Ogrzewane budynki z czystą atmosferą, np. biura, sklepy, szkoły, hotele.
2 – Mała	Atmosfery w małym stopniu zanieczyszczone. Głównie tereny wiejskie.	Budynki nieogrzewane, w których może mieć miejsce kondensacja, np. magazyny, hale sportowe.
3 – Średnia	Atmosfery miejskie i przemysłowe, średnie zanieczyszczenie tlenkiem siarki (IV). Obszary przybrzeżne o małym zasoleniu.	Pomieszczenia produkcyjne o dużej wilgotności i pewnym zanieczyszczeniu powietrza, np. zakłady spożywcze, pralnie, browary, mleczarnie.
4 – Duża	Obszary przemysłowe i obszary przybrzeżne o średnim zasoleniu.	Zakłady chemiczne, pływalnie, stocznie remontowe statków i łodzi.
5 – Bardzo duża (morska i przemysłowa)	Obszary przemysłowe o dużej wilgotności i agresywnej atmosferze. Obszary przybrzeżne oddalone od brzegu w głąb morza o dużym zasoleniu.	Budowle lub obszary z prawie ciągłą kondensacją wilgoci i dużym zanieczyszczeniem.

Tabela 4. Przykłady zastosowania powłoki ElectroFin

Miejsce instalacji	Właściwości	Substancje agresywne	Ochrona ElectroFin®
Elektrownie	Produkty spalania	Tlenki siarki (SO _x), Tlenki azotu (NO _x), Chlorki, Fluorki, CO, Lotne związki organiczne	DOSKONAŁA
Przemysł chemiczny	Emisja zanieczyszczeń	Amoniak, Chlorki, NO _x , SO _x	DOSKONAŁA
Produkcja biopaliw	Emisja zanieczyszczeń	Amoniak, SO _x , NO _x , HC, Lotne związki organiczne	DOSKONAŁA
Przemysł naftowy	Oleje, paliwo, emisja zanieczyszczeń	Amoniak, Chlorki, NO _x , SO _x , CO, Lotne związki organiczne	DOSKONAŁA
Lotniska	Produkty spalania	NO _x , SO _x , Chlorki	DOSKONAŁA
Rolnictwo	Nawozy, związki organiczne	Amoniak, SO _x , NO _x	DOSKONAŁA
Statki, instalacje przybrzeżne	Mgielka z wodą morską	Chlorki, Siarka	DOSKONAŁA
Przemysł ciężki	Pył węglowy	Siarka, SO _x , NO _x	DOSKONAŁA
Utylizacja odpadów	Cząstki organiczne znajdujące się w powietrzu	Amoniak, Lotne popioły, Chlorki	DOSKONAŁA
Oczyszczalnie ścieków	Cząstki organiczne znajdujące się w powietrzu	Siarka, Amoniak	DOSKONAŁA
Pustynie	Niska wilgotność powietrza	Piasek	DOSKONAŁA
Przemysł spożywczy	Chemikalia, tłuszcze, wilgoć powietrza, środki czyszczące	Chleb/makaron (CO ₂ , etanol, kwasy organiczne); Obróbka owoców (SO ₂); Zootechnika (NH ₃ , NO _x); Mleko/nabiał (NH ₃); Piwnice z winem (etanol); Schładzarki nadmuchowe (różne)	DOSKONAŁA

HVAC i znacznie skraca żywotność urządzeń. Zardzewiały lamele i inne elementy wewnętrzne wymienników ciepła mogą tworzyć warstwy izolacyjne, które zakłócają wymianę ciepła, co zmusza system do cięższej pracy i zużywania większej ilości energii. Zanieczyszczenia i rdza na elementach mogą blokować przepływ powietrza. W środowiskach przemysłowych, nadmorskich (wysoka zawartość soli w powietrzu) lub o wysokiej wilgotności (np. w basenach), korozja jest znacznie przyspieszona.

Zabezpieczenie urządzenia przed działaniem korozji wymaga zastosowania odpowiedniego materiału lub odpowiedniej powłoki antykorozyjnej. W przypadku zagrożenia korozyjnego od strony przepływającego powietrza lub od strony otoczenia, zabezpieczenie przed pojawieniem korozji nie wymaga stosowania blachy nierdzewnej lub kwasoodpornej – stosowanie powłok antykorozyjnych

stanowi elastyczną i często korzystniejszą ekonomicznie alternatywę. Powłoki antykorozyjne, zwłaszcza nałożone na stal ocynkowaną, są zazwyczaj znacznie tańsze niż stal kwasoodporna i można dobrać je w zależności od środowiska eksploatacji. Istnieją powłoki epoksydowe, poliuretanowe lub cynkowe, które zapewniają ochronę w różnych klasach korozyjności, w zależności od poziomu wilgotności, zanieczyszczeń czy agresywnych substancji. Kategorie korozyjności, decydujące o rodzaju stosowanej powłoki przedstawione są w tabeli 3.

Poniżej przedstawiono przykładowe rodzaje zabezpieczenia wymienników przed korozją:

- ALMg – lamele wykonane są ze stopu aluminium i manganu (ok 3–5%). Znajdują zastosowanie w instalacjach znajdujących się w środowiskach przybrzeżnych z zawartością chlorków w powietrzu, gdzie aluminium

normalnie koroduje. Przenoszenie ciepła nie jest zaburzone w porównaniu z aluminium.

- Corrodip – zabezpieczenie stosowane w środowiskach silnie korozyjnych, na przykład w oczyszczalniach ścieków, papierniach, środowiskach kwaśnych i mleczarniach. Malowanie epoksydowe gotowego wymiennika ciepła, chroni całą powierzchnię lamel, łącznie z kolektorem. Grubość powłoki wynosi 100 μm . Farba jest również dostępna w wersji epoksydowej dopuszczalnej do kontaktu z żywnością. Minimalny odstęp między żebrami wynosi 4 mm, maksymalna dopuszczalna temperatura 60 °C. Obniża wymianę ciepła o ok. 20% w porównaniu z aluminium.
- Corropaint – zabezpieczenie (aluminium pokryte powłoką epoksydową o grubości 5 μm) stosowane w środowiskach o umiarkowanej korozyjności, na przykład w zanieczyszczonym powietrzu miejskim, laboratoriach i halach basenowych, gdzie uważa się, że aluminium będzie narażone na korozję. Maksymalna dopuszczalna temperatura 120 °C. Obniża wymianę ciepła o ok. 10% w porównaniu z aluminium. W wymiennikach ciepła powietrza chłodzącego i wywiewanego wymagany jest odkraplacz od prędkości powietrza 1,6 m/s.
- ElectroFin® E-Coat – proces powlekania elektrolitycznego w warunkach fabrycznych, który gwarantuje całkowite pokrycie wymiennika ciepła. Wymiennik jest zanurzany w kąpeli, powstaje cienka, elastyczna, trwała i odporna na korozję powłoka, zapewniająca najwyższą ochronę antykorozyjną – nie ma na rynku lepszego rozwiązania, aby zapewnić pełną i jednolitą powłokę do zastosowania w środowisku o kategorii

korozyjności C5 (zgodnie z normą ISO 12944 Ochrona antykorozyjna poprzez zastosowanie systemów powłokowych. Przykłady zastosowania tej powłoki przedstawia Tabela 5.

- Hydropaint – zabezpieczenie (aluminium z powłoką o grubości 5 μm) stosowane w środowiskach o umiarkowanej korozyjności, np. zanieczyszczonym powietrzu miejskim, gdzie aluminium może być narażone na korozję. Hydrofilowe lamele wytrzymują prędkość powietrza 3,5 m/s (w wymiennikach ciepła powietrza chłodzącego i wywiewanego) zanim wymagany będzie odkraplacz. Maksymalna dopuszczalna temperatura 120 °C. Wpływa na wymianę ciepła o ok. 10% w porównaniu z aluminium.

Kanałowe wymienniki ciepła to przykład synergii pomiędzy teorią a praktyką – od koncepcji ukierunkowanej na efektywność, poprzez zaawansowane rozwiązania technologiczne, po restrykcyjne procedury kontroli jakości. Kluczowe znaczenie mają nie tylko same parametry techniczne, ale także umiejętność dopasowania produktu do indywidualnych potrzeb i warunków pracy instalacji. Możliwość wyboru elementów konstrukcyjnych, swoboda w doborze parametrów technicznych oraz odpowiedniego materiału pozwala projektantowi na dokładne dopasowanie wymiennika do danego zastosowania i zoptymalizowania parametrów jego pracy.

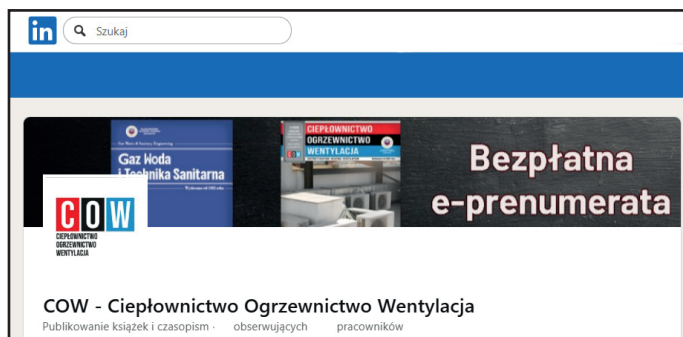
Materiały graficzne oraz dane doborowe przedstawiono z wykorzystaniem materiałów Modine Söderköping AB, za zgodą firmy.



www.facebook.com/COW.PZITS



Odwiedź nowe media społecznościowe czasopisma



www.linkedin.com/company/cow-ciepłownictwo-ogrzewnictwo-wentylacja