

Izolacje techniczne

Czym jest izolacja techniczna?

Akty prawne opracowywane i obowiązujące w Unii Europejskiej, w tym także w Polsce, coraz mocniej wymuszają stosowanie rozwiązań efektywnych energetycznie w celu minimalizowania zużycia energii zarówno w budownictwie jak i w przemyśle.

W świetle obecnych tendencji coraz ważniejszą rolę odgrywają wysokosprawne izolacje cieplne / chłodnicze które są powszechnie stosowane do zabezpieczania instalacji i urządzeń przed nadmiernymi lub niekontrolowanymi przepływami ciepła / stratami energii. Ich zastosowanie daje wymierne korzyści finansowe, ekologiczne i społeczne.

Pojęcie izolacji technicznych obejmuje izolację cieplną wszelkich instalacji i urządzeń technicznych, w których zachodzi potrzeba ograniczenia przepływu ciepła / chłodu pomiędzy transportowanym, przechowywanym lub wytwarzanym medium a otoczeniem. Problem dotyczy zarówno instalacji ciepłowniczych i grzewczych, jaki i systemów chłodniczych, w których poza redukcją zużywanego energii bardzo istotną rolę odgrywa ochrona instalacji przed kondensacją pary wodnej.

Dodatkową rolą izolacji, poza ograniczaniem strat energii oraz zabezpieczeniem przed kondensacją pary wodnej, może być bezpieczeństwo czyli ochrona użytkowników instalacji przed wysoką temperaturą. Gdy w instalacji transportowane jest medium wysokotemperaturowe zadaniem izolacji będzie zabezpieczenie przed oparzeniami i utrzymanie na powierzchni izolowanej instalacji odpowiednio niskiej temperatury.

Znaczenie izolacji technicznych w kontekście efektywności energetycznej instalacji i procesów

Znaczną część instalacji sanitarnych, czy ciepłowniczych stanowią rurociągi, którymi nośnik ciepła jest transportowany od źródła do poszczególnych odbiorników. Transportowanie medium o temperaturze odbiegającej od temperatury otoczenia wiąże się ze stratami lub zyskami ciepła w zależności od kierunku przepływu ciepła. Nośnik ciepła o temperaturze wyższej od otoczenia będzie oddawał ciepło i się ochładzał, natomiast w zastosowaniach chłodniczych temperatura chłodziwa będzie rosła w wyniku zysków ciepła z zewnątrz. Wielkość wymiany ciepła rośnie wraz ze wzrostem różnicy temperatury.

Wytworzenie nośnika ciepła / chłodu o wymaganych parametrach często wymaga doprowadzenia znacznej ilości energii. Jej źródłem w Polsce są zwykle paliwa pierwotne (ropa naftowa, gaz ziemny czy węgiel kamienny), stosowane bezpośrednio poprzez spalanie ich w lokalnym źródle ciepła, lub pośrednio przy wykorzystaniu energii elektrycznej produkowanej w elektrociepłowniach.

Straty lub zyski ciepła występujące przy przepływie nośnika ciepła / chłodu powodują zwiększone nakłady energetyczne, konieczne by utrzymać wymagany dopływ ciepła / chłodu do odbiornika. Większe zużycie energii to, poza większymi kosztami działania instalacji, również większe negatywne oddziaływanie na środowisko ze względu na zwiększenie emisji CO₂ i innych zanieczyszczeń powstających w procesie wytwarzania ciepła.

PUR/PIR w izolacjach technicznych

Jednym z najważniejszych parametrów jaki należy wziąć pod uwagę przy wyborze materiału izolacyjnego jest współczynnik przewodzenia ciepła ! $[W/(m \cdot K)]$. Dobry materiał izolacyjny charakteryzuje się niską wartością tego współczynnika. Zastosowanie materiału o niższym współczynniku λ skutkuje w praktyce mniejszą grubością izolacji, która zapewnia wymagany współczynnik przenikania ciepła $U [W/(m^2 \cdot K)]$. Mniejsza grubość wpływa korzystnie na koszt wykonania izolacji, a także pozwala na lepsze wykorzystanie kubatury pomieszczenia.

Wybór materiału izolacyjnego powinien również uwzględniać warunki montażu i pracy, w tym odporność na działanie wody i otoczenia, temperaturę pracy instalacji lub urządzenia oraz odporność na obciążenia statyczne i dynamiczne. Ponadto izolacja powinna być obojętna w stosunku do materiału, z którego wykonano instalację oraz nierozprzestrzeniająca ognia.

Cechy spienionego poliuretanu powodują, że izolacje techniczne produkowane na bazie pianek poliuretanowych PUR/PIR spełniają wszystkie wymagania stawiane wysokosprawnej izolacji, charakteryzując się przy tym jednym z najniższych współczynników przewodzenia ciepła wśród alternatywnych produktów dostępnych na rynku.

Do produkcji izolacji technicznych wykorzystuje się sztywne lub półsztywne pianki poliuretanowe, których współczynnik przewodzenia ciepła, w zależności od gęstości i technologii wykonania, wynosi **poniżej 0,025 do 0,035 W/(m·K)** (w średniej temp. 40°C).

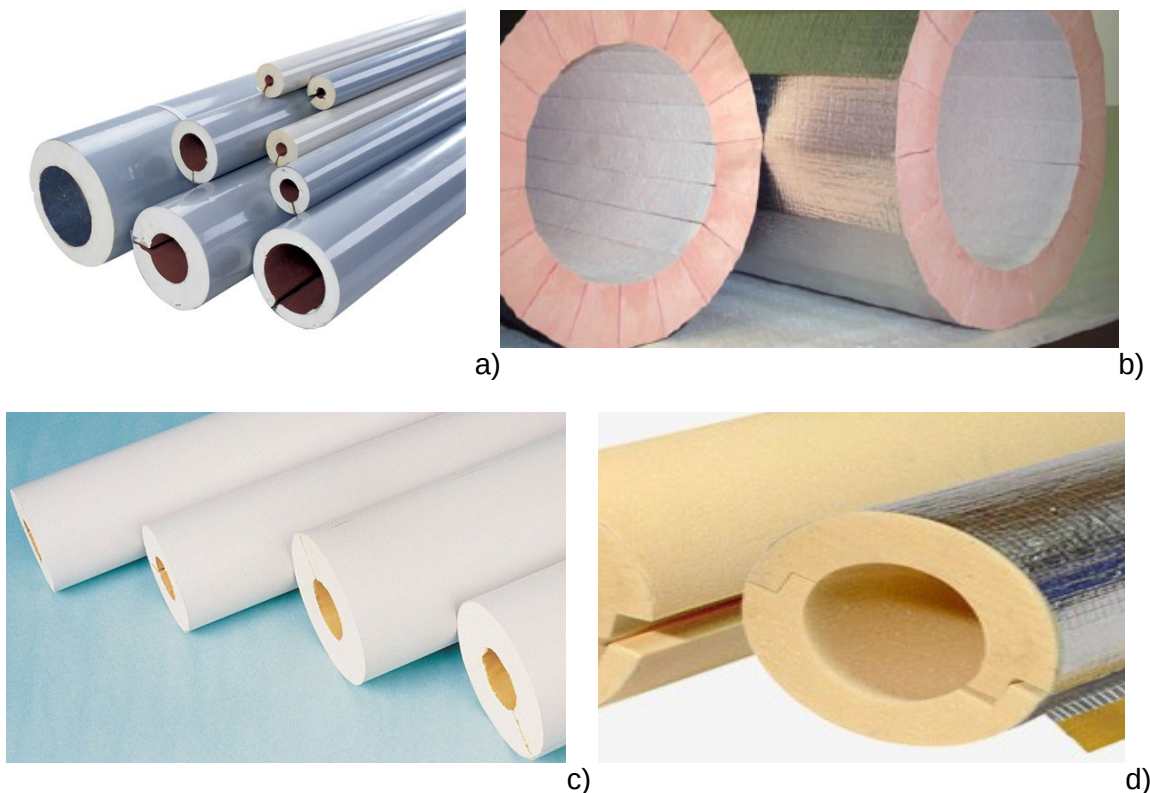
Typowy zakres pracy izolacji wykonanej z PUR/PIR, wynosi od -40 do +140°C. Niektóre wyroby mogą być stosowane w temperaturze od -200 do +200°C. Możliwe jest także wykonanie izolacji warstwowych z PUR/PIR z wykorzystaniem innych materiałów izolacyjnych, które będą pracować w temperaturze powyżej 200°C.

Izolacje techniczne z PUR/PIR dostępne są w postaci otulin lub łupków, w wielu średnicach i grubościach, co umożliwia dobór produktu do praktycznie każdego zastosowania. W ofercie znajdują się również elementy do izolowania kształtek, takich jak kolana oraz armatury. Dodatkowo z pianek PUR/PIR można skorzystać przy izolowaniu zbiorników i urządzeń. Do tego celu można również wykorzystać płyty i bloki na bazie pianki PUR/PIR. Możliwe jest również formowanie pianek w dowolne kształty za pomocą odpowiednich form lub maszyn tnących.

Stosuje się także izolacje poliuretanowe w postaci natrysku pianki bądź przy wykorzystaniu systemu zalewowego.

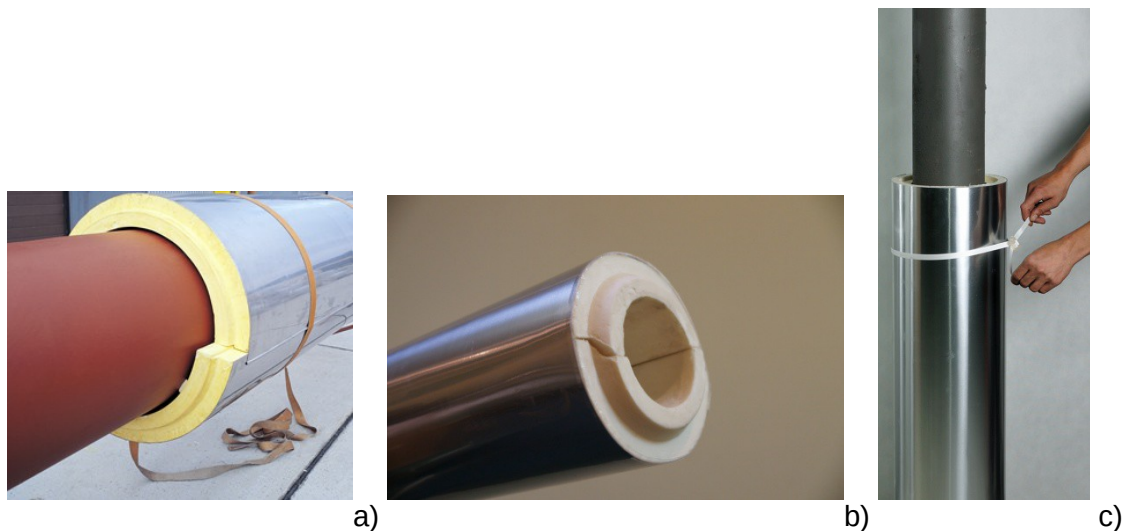
Otuliny i łupki produkowane z poliuretanów są najczęściej wyposażane w płaszcz zewnętrzny. Zastosowanie płaszcza zwiększa wytrzymałość oraz pozwala na zabezpieczenie izolacji przed warunkami zewnętrznymi. Zewnętrzna powłoka ogranicza również wymianę gazową z otoczeniem, co znacząco spowalnia proces starzenia materiału i w dużej mierze eliminuje przenikanie pary wodnej. Ważną rolą płaszcza jest również zabezpieczenie izolacji przed dostępem ognia.

Kolejną grupą produktów stosowanych do izolowania wewnętrznych instalacji rurowych takich jak: instalacja centralnego ogrzewania czy wody lodowej jak również instalacje wody ciepłej i zimnej są otuliny z PUR/PIR umieszczone w płaszczu z PVC lub folii aluminiowej. Stosowanie tego typu izolacji możliwe jest standardowo w zakresie temperatury od -40 do +140°C.



Fot. 1. Otuliny z PUR/PIR: a) Steinonorm 300 - pianka półsztywna w płaszczu PVC – STEINBACHER IZOTERM, b) Tarecpir - pianka PIR w płaszczu ze wzmacnianej folii aluminiowej lub powłoce trójwarstwowej na bazie aluminium i poliestru - KINGSPAN; c) Riso - pianka półsztywna PUR w płaszczu z PVC lub Alu - M.A.T.; d) Kocopor - otulina zimnochronna z pianki PUR/PIR - KORFF ISOLMATIC.

Jeżeli instalacja prowadzona jest w obszarze, w którym może być szczególnie narażona na uszkodzenia mechaniczne lub znajdując się na zewnątrz budynku podlega ekspozycji na UV jest zazwyczaj zabezpieczana płaszczem z blachy. Taki płaszcz, w zależności od potrzeb, wykonywany jest jako powłoka sztywna z blachy aluminiowej, ze stali ocynkowanej lub nierdzewnej. Stosowane są również powłoki elastyczne, takie jak: modyfikowana papa bitumiczna, wielowarstwowe PVC z przekładką aluminiową czy membrany na bazie PE, PP lub PVC.



Fot. 2. Łupki z PUR/PIR z płaszczem z blachy: a) System M.A.T. - łupki z pianki sztywnej PUR pokryte płaszczem z blachy - M.A.T.; b) System "Inżynieria" - łupki z pianki sztywnej PUR/PIR z płaszczem z blachy – MAGWENT; c) System Steinonorm730 - łupki z pianki sztywnej PUR/PIR z elastycznym, odpornym na UV płaszczem z wielowarstwowego PVC z przekładką aluminiową – STEINBACHER IZOTERM

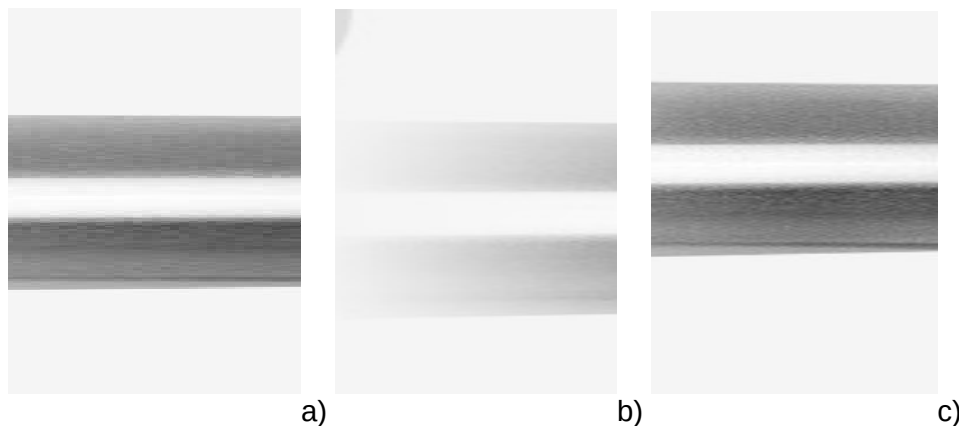
Kolejnym zadaniem stawianym płaszczom ochronnym jest zabezpieczenie materiału izolacyjnego przed dostępem wilgoci i powietrza. Jest to szczególnie ważne przy aplikacjach rurociągów układanych w kanałach lub w gruncie.

Poza produktami wyposażonymi fabrycznie w powłoki ochronne, możliwe jest również wykonanie płaszcza w miejscu montażu po zaizolowaniu instalacji. Przykładem takiego zabezpieczania izolacji jest system MASTYK firmy POLYCHEM SYSTEMS. Na zainstalowaną izolację z PU zakłada się siatkę z włókna szklanego, następnie nanosi się odpowiednio przygotowaną masę powłokową, a po jej wyschnięciu powierzchnię pokrywa się lakierem. Powstałe warstwy tworzą trwałą powłokę zewnętrzną zabezpieczającą materiał izolacyjny przez warunkami zewnętrznymi.



Fot. 3. a) Izolacja z PUR/PIR zabezpieczona warstwą papy – MAGWENT b) Powłoka MASTYK wykonywana na miejscu montażu izolacji z PUR/PIR - POLYCHEM SYSTEMS

Przy montażu izolacji należy również zwrócić uwagę na odpowiednie izolowanie instalacji w miejscach połączeń oraz w miejscach mocowania instalacji do konstrukcji budowlanych. Na rynku dostępne są różnego rodzaju obejmy montażowe wykonane z PUR/PIR, których zastosowanie pozwala wyeliminować mostki termiczne i wpływa korzystnie na zachowanie szczelności izolacji szczególnie ważnej przy izolowaniu instalacji chłodniczych.



Fot. 4. Obejmy zimnochronne firmy KORFF ISOLMATIC z PUR/PIR do montażu rurociągów: a) 170 Express; b) 175 Express; c) Cool-Hot;

Wymagania prawne stosowania izolacji technicznych w Polsce

Głównym aktem prawnym, w którym znaleźć można wymagania dotyczące stosowania izolacji cieplnej w instalacjach jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie zawarte w Dz. U. Nr 75/2002 poz. 690 wraz z późniejszymi zmianami [1].

Rozporządzenie nakazuje stosowanie izolacji cieplnej instalacji w celu utrzymywania strat ciepła na racjonalnie niskim poziomie oraz określa wymagane minimalne grubości izolacji cieplnej przewodów rozdzielczych i komponentów w instalacjach centralnego ogrzewania, ciepłej wody użytkowej (w tym przewodów cyrkulacyjnych), instalacji chłodu i ogrzewania powietrznego.

Tabela 1. Wymagania dla izolacji cieplnej przewodów i komponentów zawarte w Rozporządzeniu [1]

L.p	Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna gr. izolacji cieplnej ($\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) (w średniej temp. 40°C). ¹⁾
1	Średnica wewnętrzna do 22 mm	20 mm
2	Średnica wewnętrzna od 22 do 35 mm	30 mm
3	Średnica wewnętrzna od 35 do 100 mm	równa średnicy wewnętrznej rury
4	Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	100 mm
5	Przewody i armatura wg poz. 1-4 przechodzące przez ściany lub stropy, skrzyżowania przewodów	1/2 wymagań z poz. 1-4
6	Przewody ogrzewań centralnych wg poz. 1 -4, ułożone w komponentach budowlanych między ogrzewanymi pomieszczeniami różnych użytkowników	1/2 wymagań z poz. 1-4
7	Przewody wg poz. 6 ułożone w podłodze	6 mm

8	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone wewnątrz izolacji cieplnej budynku)	40 mm
9	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone na zewnątrz izolacji cieplnej budynku)	80 mm
10	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone wewnątrz budynku ²⁾	50 % wymagań z poz. 1-4
11	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone na zewnątrz budynku ²⁾	100 % wymagań z poz. 1-4

¹⁾ przy zastosowaniu materiału izolacyjnego o innym współczynniku przenikania ciepła niż podano w tabeli należy odpowiednio skorygować grubość warstwy izolacyjnej,

²⁾ izolacja cieplna wykonana jako powietrznoszczelna.

Rozporządzenie w kwestiach szczegółowych, przywołuje Polską Normę PN-B-02421:2000 „Ogrzewnictwo i ciepłownictwo – Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń – Wymagania i badania odbiorcze” [2], która zawiera wymagania dotyczące projektowania i wykonania izolacji w instalacjach centralnego ogrzewania, instalacjach ciepłej wody użytkowej oraz wody technologicznej, a także w sieciach ciepłowniczych prowadzonych w kanałach, tunelach, budynkach oraz napowietrznie o temperaturze czynnika do 200°C. W normie podano m.in. minimalne grubości izolacji, jakie należy stosować w instalacjach grzewczych w zależności od średnicy rury, temperatury transportowanego medium oraz temperatury otoczenia dla materiału izolacyjnego o współczynniku przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (w średniej temp. 40°C).

Tabela 2. Wybrane wartości minimalnej grubości izolacji cieplnej przewodów grzewczych wg. wymagań normy PN-B-02421:2000 [2].

temp. otoczenia	$t_i < -2^\circ\text{C}$			$-2 \leq t_i < 12^\circ\text{C}$			$t_i \geq 12^\circ\text{C}$		
	$t_i \leq 60^\circ\text{C}$	95°C	135°C	$t_i \leq 60^\circ\text{C}$	95°C	135°C	$t_i \leq 60^\circ\text{C}$	95°C	135°C
! 20	45	45	50	30	30	35	15	20	30
25	45	50	50	30	30	40	15	20	30
32	45	50	55	30	35	45	15	25	35
40	45	50	60	30	35	45	15	25	40
50	50	55	60	35	35	50	20	25	40
65	55	60	65	40	40	55	20	30	45
80	55	60	70	40	45	60	25	35	50
100	65	65	75	45	50	65	25	40	55
125	75	75	85	50	60	75	30	45	60

Część wymagań normy pokrywa się z wymaganiami Rozporządzenia, jednakże pierwszeństwo mają zapisy Rozporządzenia jako aktu nadrzędnego.

Poza wymaganiami przedstawionymi w Rozporządzeniu grubość izolacji instalacji chłodniczych może być określona w oparciu o normę PN-EN ISO 12241:2010 – „Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych – Zasady obliczania” [3]. Norma zawiera m.in. procedurę obliczania grubości izolacji cieplnej zapobiegającej kondensacji powierzchniowej pary wodnej.

Dobór grubości izolacji z PUR/PIR

W świetle wymagań prawnych oraz wiedzy technicznej można stwierdzić, że grubość izolacji cieplnej zależy przede wszystkim od przeznaczenia i położenia instalacji, średnicy rurociągu, wartości współczynnika przewodzenia ciepła izolacji, a w niektórych przypadkach również od temperatury transportowanego medium i różnicy temperatury pomiędzy nośnikiem ciepła a otoczeniem.

Wymagania zawarte w Rozporządzeniu oraz w Polskiej Normie określone zostały przy założeniu, że współczynnik przewodzenia ciepła materiału izolacyjnego wynosi 0,035 W/(m·K) (w średniej temp. 40°C). Większość wyrobów z PUR/PIR charakteryzuje się niższą wartością współczynnika przewodzenia ciepła, stąd grubość izolacji może zostać znacząco zmniejszona.

Minimalną grubość izolacji wykonanej z materiału o współczynniku przewodzenia ciepła innym niż 0,035 W/(m·K) (w średniej temp. 40°C) można wyznaczyć m.in. na podstawie wzorów podanych w normie PN-EN-12241 [3] przyjmując np. stałą wartość jednostkowych strat ciepła w jednostce [W/m] odpowiadającą wartości jaka występuje przy zastosowaniu materiału o współczynniku przewodzenia ciepła 0,035 W/(m·K) i grubości określonej w przepisach.

Skorygowaną grubość izolacji można również, w większości przypadków, obliczyć stosując wzór podany w normie PN-B-02421:2000 [3].:

gdzie:

D – średnica zewnętrzna izolowanego przewodu [mm],

e – grubość warstwy [mm], izolacji właściwej z materiału izolacyjnego o wartości współczynnika przewodzenia ciepła $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ (w średniej temp. 40°C),

λ – wartość współczynnika przewodzenia ciepła stosowanego materiału izolacyjnego (w średniej temp. 40°C) [W/(m·K)].

W tabeli 3 przedstawiono zalecane minimalne wartości grubości izolacji wykonywanej z PUR/PIR o współczynniku przewodzenia ciepła 0,025 W/(m·K) (w średniej temp. 40°C)

Tabela 3. Wymagane minimalne grubości izolacji przy zastosowaniu produktów izolacyjnych z PUR/PIR o współczynniku przewodzenia ciepła 0,025 W/(m·K) (w średniej temp. 40°C) spełniające wymagania Rozporządzenia [1].

L.p	Rodzaj przewodu lub komponentu	Minimalna gr. izolacji cieplnej (! =0,025 W/(m K)) (w średniej temp. 40°C)
1	Średnica wewnętrzna do 22 mm	10 mm
2	Średnica wewnętrzna od 22 do 35 mm	14 - 17 mm
3	Średnica wewnętrzna od 35 do 100 mm	średnio 55% średnicy wewnętrznej rury
	Dw = 40 mm	22 mm
	Dw = 50 mm	28 mm
	Dw = 65 mm	36 mm
	Dw = 80 mm	44 mm
	Dw = 100mm	

		55 mm
4	Średnica wewnętrzna ponad 100 mm	55 - 65 mm
5	Przewody i armatura wg poz. 1-4 przechodzące przez ściany lub stropy, skrzyżowania przewodów	1/2 wymagań z poz. 1-4
6	Przewody ogrzewań centralnych wg poz. 1 -4, ułożone w komponentach budowlanych między ogrzewanymi pomieszczeniami różnych użytkowników	1/2 wymagań z poz. 1-4
7	Przewody wg poz. 6 ułożone w podłodze	4 mm
8	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone wewnątrz izolacji cieplnej budynku)	22 mm
9	Przewody ogrzewania powietrznego (ułożone na zewnątrz izolacji cieplnej budynku)	45 mm
10	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone wewnątrz budynku	50 % wymagań z poz. 1-4
11	Przewody instalacji wody lodowej prowadzone na zewnątrz budynku	100 % wymagań z poz. 1-4

Dane w tabeli 3 są przybliżone, ze względu na bardzo szeroki asortyment rur dostępnych na rynku i rozbieżności pomiędzy średnicą wewnętrzną i zewnętrzną rury. Dokładne obliczenia należy przeprowadzić indywidualnie do konkretnego przypadku i danych wymiarów rury. Podana grubość jest grubością minimalną spełniającą wymagania przepisów, jednakże zastosowanie izolacji o większej grubości w ramach dostępnego typoszeregu otulin pozwala uzyskać dodatkowe oszczędności eksploatacyjne.

Grubość izolacji stosowanej w instalacjach chłodniczych, która pełni również rolę zabezpieczenia przed kondensacją pary wodnej zależy od średnicy rurociągu, wartości współczynnika przewodzenia ciepła izolacji, temperatury nośnika chłodu oraz temperatury i wilgotności względnej powietrza w otoczeniu instalacji.

Zadaniem izolacji zabezpieczającej przed kondensacją pary wodnej jest zapewnienie na powierzchni izolowanej instalacji temperatury wyższej od temperatury punktu rosy powietrza w otoczeniu. Zatem wymagana wartość temperatury powierzchni zależy przede wszystkim od temperatury i wilgotności powietrza otaczającego instalację oraz od prędkości omywania powierzchni przez powietrze. Intensywny ruch powietrza zmniejsza ryzyko kondensacji.

W tabeli 4 podano wartości temperatury punktu rosy przy wybranych parametrach powietrza otaczającego. Szerszy zakres omówiono w normie PN-EN ISO 12241 [2] oraz można odczytać z wykresu Moliera dla powietrza wilgotnego.

Tabela 4. Temperatura punktu rosy w zależności od temperatury i wilgotności względnej powietrza w otoczeniu.

Temperatura powietrza [°C]	Wilgotność względna powietrza [%]						
	30	40	50	60	70	80	90
5	-11,2	-7,5	-4,6	-2,1	0	1,8	3,5
8	-8,5	-4,8	-1,8	0,7	2,9	4,8	6,5
10	-6,8	-3,0	0,0	2,6	4,8	6,7	8,4
15	-2,4	1,5	4,7	7,3	9,6	11,6	13,4
20	1,9	6,0	9,3	12,0	14,4	16,4	18,3

22	3,6	7,8	11,1	13,9	16,3	18,4	20,3
24	5,4	9,6	12,9	15,8	18,2	20,3	22,3
26	7,1	11,4	14,8	17,6	20,1	22,3	24,2
28	8,8	13,1	16,6	19,5	22,0	24,2	26,2
30	10,5	14,9	18,4	21,4	23,9	26,2	28,2
32	12,3	16,7	20,3	23,3	25,8	28,1	30,2
35	14,8	19,4	23,0	26,1	28,7	31,0	33,1

Ze względu na trudności w prawidłowym założeniu parametrów powietrza w otoczeniu instalacji, a szczególnie powietrza wewnętrznego, które w zależności od rodzaju obiektu i lokalizacji instalacji mogą się charakteryzować znaczną zmiennością, w procesie projektowania grubości izolacji należy założyć odpowiedni margines bezpieczeństwa.

Ochrona instalacji przed kondensacją wymaga, poza doбором odpowiedniej grubości materiału izolacyjnego, zapewnienia wysokiej szczelności wykonanego zabezpieczenia rurociągu. Nieszczelna izolacja może pozwolić na przedostawanie się pary wodnej pod otulinę, czego efektem może być wykraplanie się wody pod izolacją lub w jej wnętrzu. Zawilgocenie prowadzi do degradacji właściwości cieplnych materiału izolacyjnego i miejscowego narażenia rurociągu na korozję.

Zalety stosowania izolacji technicznych z PUR/PIR

Jedną z głównych zalet stosowania izolacji technicznych z PUR/PIR jest możliwość zmniejszenia grubości materiału izolacyjnego w porównaniu z materiałami o wyższym współczynniku przewodzenia ciepła.

Jeśli zastosujemy równe grubości izolacji o różnym współczynniku przewodzenia ciepła to w przypadku materiału o niższej λ nastąpi zmniejszenie strat lub zysków ciepła i w efekcie poprawa efektywności energetycznej instalacji.

Zmniejszenie grubości izolacji może być szczególnie ważne w przypadku modernizacji istniejących instalacji, gdzie konieczne jest dostosowanie izolacji cieplnej do wymagań prawnych, a ilość miejsca wokół rurociągu jest ograniczona. Przykładem takich miejsc są szachty instalacyjne, klatki schodowe, przestrzenie użytkowe itp.

Dodatkową zaletą izolacji z PUR/PIR jest ich stosunkowo mały ciężar, który pozwala na stosowanie lżejszych i tańszych podpór i punktów montażowych, a także wykorzystanie istniejących.

Duża wytrzymałość na odkształcenia i sztywność oraz stosowane typowe warstwy wierzchnie otulin z PUR/PIR powodują, że izolacja jest w znacznym stopniu odporna na zgniecenia i uszkodzenia, co jest istotne do utrzymania długotrwałego zabezpieczenia instalacji zarówno cieplnego jak i przeciwwilgociowego. Dodatkowo ułatwia to wykonanie zewnętrznego płaszcza ochronnego, którego montaż nie spowoduje zgniecenia izolacji mogącego wystąpić w przypadku materiałów elastycznych.

Istotną zaletą jest również możliwość wykorzystania elementów izolacyjnych fabrycznie wyposażonych w płaszcz, które eliminują konieczność wykonywania oddzielnego płaszcza na budowie.

Ważną zaletą izolacji technicznych wykonanych z PUR/PIR jest ich koszt. Przykładowo, koszt wykonania izolacji rury DN80 przy użyciu PUR/PIR o $\lambda = 0,025 \text{ W/(m K)}$ (w średniej temp. 40°C) może być niższy od kosztu izolacji wykonanej z materiału o $\lambda = 0,040 \text{ W/(m K)}$ (w średniej temp. 40°C) o 10%.

Literatura:

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie zawarte w Dz. U. Nr 75/2002 poz. 690 wraz z późniejszymi zmianami

[2] PN-B-02421:2000 „Ogrzewnictwo i ciepłownictwo – Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń – Wymagania i badania odbiorcze”

[3] PN-EN ISO 12241:2010 – „Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych – Zasady obliczania”

[4] Informacje z firm członkowskich SIPUR