



Europejski  
Instytut Miedzi  
Copper Alliance

# Miedź w instalacjach chłodniczych, klimatyzacyjnych oraz urządzeniach HVACR.

Wytyczne stosowania i projektowania





**Europejski  
Instytut Miedzi**  
Copper Alliance

Wydanie 2016 r

**Europejski  
Instytut Miedzi**

ul. św. Mikołaja 8-11 (p. 408)  
50-125 Wrocław  
e-mail: [biuro@instytutmiedzi.pl](mailto:biuro@instytutmiedzi.pl)

tel.: (+48) 71 78 12 502  
fax: (+48) 71 78 12 504

[www.instytutmiedzi.pl](http://www.instytutmiedzi.pl)

---

## Spis treści

Podstawowe przepisy w zakresie projektowania i wykonywania instalacji z miedzi w chłodnictwie i klimatyzacji	4
Zasady wyboru miedzi jako materiału na instalacje chłodnicze i klimatyzacyjne	4
Wymagania dla rur miedzianych stosowanych w urządzeniach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Warunki normy PN-EN 12735-1:2010P	5
Łączniki stosowane w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych	9
Podstawowe dane do projektowania instalacji z rur miedzianych	10
Sposoby łączenia instalacji miedzianych stosowanych w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych	10
Rury ze stopów miedzi stosowane w instalacjach chłodniczych ekologicznych (rura stopowa K65)	12
Miedź w urządzeniach HVACR	13
Zasady BHP i ppoż. oraz wymagania eksploatacyjne	14
Bibliografia	16

# 1. Podstawowe przepisy w zakresie projektowania i wykonywania instalacji z miedzi w chłodnictwie i klimatyzacji

Podstawowym przepisem prawnym dotyczącym ciśnieniowych urządzeń i instalacji chłodniczych (ich projektowania oraz wytwarzania) jest europejska dyrektywa ciśnieniowa 97/23/WE (określana jako dyrektywa PED) [3]. Dotyczy ona projektowania, wytwarzania oraz oceny zgodności urządzeń ciśnieniowych, dla których najwyższe dopuszczalne ciśnienie PS (czyli określone przez producenta najwyższe ciśnienie, na które jest zaprojektowane urządzenie) jest większe niż 0,5 bara. Dyrektywa ta ma zastosowanie również do zespołów urządzeń ciśnieniowych, składających się z kilku urządzeń ciśnieniowych zmontowanych tak, aby tworzyły razem scaloną i funkcjonalną całość, jeżeli są wprowadzane przez wytwórcę na rynek i oddawane do eksploatacji jako zespół. Urządzenia ciśnieniowe obejmują zbiorniki, instalacje rurowe, osprzęt zabezpieczający i osprzęt ciśnieniowy, jak również kotły parowe, wymienniki ciepła, urządzenia do przegrzewania pary.

W Polsce dyrektywa została wprowadzona *Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 roku w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych* (Dz.U. 2005.263.2200) [27].

Pozostałymi dokumentami prawnymi dotyczącymi projektowania i wykonania instalacji z miedzi w chłodnictwie i klimatyzacji są następujące normy:

- PN-EN 12735-1:2010P [21], PN-EN 12735-2:2010P [22],  
oraz
- PN-EN 1045:2001P [16], PN-EN 14276-2+A1:2011E [23], PN-EN 14324:2008P, PN-EN 378-2+A2:2012E [24], PN-EN ISO 17672:2010E, PN-EN 1254-1:2004P, PN-EN 1254-2:2004P, PN-EN 1254-4:2004P, PN-EN 1254-5:2004P, PN-EN 1092-3:2008P.

## 2. Zasady wyboru miedzi jako materiału na instalacje chłodnicze i klimatyzacyjne

Elementy instalacji chłodniczych wykonane z miedzi powinny spełniać specjalne wymagania związane z występującymi naprężeniami mechanicznymi, cieplnymi i chemicznymi. Muszą charakteryzować się odpornością na działanie stosowanych czynników chłodniczych, ich mieszanin z olejami wraz z ewentualnymi domieszkami i zanieczyszczeniami oraz substancji transportujących ciepło [13].

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 14276-1 +A1:2011E [23], miedź pozostająca w kontakcie z czynnikami chłodniczymi powinna być miedzią beztlenową lub odtlenioną. Zaleca się także stosowanie miedzi z grup 31 i 34, z ograniczeniami wymienionymi w normie.

Wybierając miedź, należy przeanalizować jej zalety i wady w kontekście planowanych warunków stosowania. Miedź posiada **wysoką odporność na wahania temperatury i ciśnienia**, jest bardzo wytrzymała i plastyczna. Jest także odporna na większość substancji chemicznych stosowanych w chłodnictwie. **Miedź bardzo dobrze przewodzi ciepło, co zostało wykorzystane w wymiennikach ciepła.** W wilgotnym środowisku na jej powierzchni pojawia się nalot – warstwa zasadowego węglanu miedzi (tzw. patyna), która chroni ją przed korozją.

Na miedź silnie negatywnie oddziałują związki chloru, kwasy, wapno bielące, zaprawa murarska, jak również kwas azotowy (zachodzi rozpuszczanie miedzi) [11]. Nie jest odporna na działanie wilgotnej atmosfery przemysłowej zawierającej dwutlenek siarki. Wytwarzająca się na jej powierzchni warstwa zasadowego siarczanu miedzi nie chroni jej przed korozją (Langman1). Nie reaguje w kontakcie ze słoną wodą [11].

Miedź może współpracować z następującymi czynnikami chłodniczymi [31], [6], [2]:

- HCFC – wodorochlorofluorowęglowodory (głównym przedstawicielem tej grupy jest niszczący warstwę ozonową czynnik chłodniczy R22, stosowany do końca 2015 roku),
- HFC – wodorofluorowęglowodory – należące do grupy f-gazów – wpływające na wzrost efektu cieplarnianego (m.in. czynnik chłodniczy R134a); czynniki HFC są także głównymi składnikami mieszanin z serii 400 oraz 500, np.: R410A, R407C, R404A,
- HC (propan R290 lub butan R600), warunkowo można także stosować miedziane rury dla czynników w stanie wyłącznie suchym,
- dwutlenek siarki R 764,
- dwutlenek węgla R744.

Ze względu na agresywność amoniaku wobec miedzi i jej stopów, miedziane rury nie są zalecane w instalacjach zawierających amoniak R717. W normie PN-EN 378-2+A2:2012E stwierdza się, że miedzi i stopów o wysokiej zawartości miedzi nie powinno się stosować na części stykające się z R717, chyba że ich zgodność z tym czynnikiem została uprzednio potwierdzona przez próbę lub praktykę.

W obiegach chłodzenia pośredniego, gdzie czynnikiem jest woda, glikole czy roztwory alkoholi, zaleca się stosowanie rur wykonanych według normy PN-EN 1057+A1:2010P [17], czyli rur instalacyjnych przeznaczonych do wody w instalacjach sanitarnych i grzewczych. Można jednak także zastosować rury miedziane, jeśli zawierają one chroniące miedź i luty inhibitory korozji [13].

Ze względu na silne oddziaływanie korozyjne na miedź takich czynników chłodniczych, jak natlenione roztwory chlorków sodu lub wapna (zwłaszcza dodatkowo zanieczyszczone dwutlenkiem węgla), w instalacjach z ich użyciem nie zaleca się stosować rur miedzianych (można dodać inhibitor korozji, np. chromianu potasu, stabilizujący alkaiczny odczyn solanki na poziomie pH 7,0-8,2) [31].

Aby uniknąć niekorzystnego zjawiska zwanego „platerowaniem miedzą”, należy dla instalacji zawierającej elementy miedziane rozważyć dobieranie oleju i czynnika chłodniczego. Podczas takiego zjawiska udział wilgoci w mieszaninie wzrasta, olej ulega hydrolizie, w wyniku której powstaje kwas „przenoszący” cząstki miedzi. Dochodzi zatem do przemieszczania się w instalacji drobnych cząstek miedzi, które osadzają się przede wszystkim w sprężarce, a w niej w układzie smarowania, głównie na łożyskach wału korbowego oraz na zaworach i płycie montażowej zaworów. Platerowanie miedzią może być powodem poważnych awarii, takich jak np. niedostateczna szczelność zaworów (odłożona warstwa miedzi może się także oderwać podczas uruchamiania sprężarki) [5].

### 3. Wymagania dla rur miedzianych stosowanych w urządzeniach chłodniczych i klimatyzacyjnych. Warunki normy PN-EN 12735-1:2010P

Norma PN-EN 12735-1:2010P [21] dotyczy rur miedzianych okrągłych bez szwu, stosowanych w rurowych instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych, dostarczanych w odcinkach prostych w stanie twardym lub półtwardym albo w kręgach w stanie wyżarzonym.

W normie PN-EN 12735-1:2010P [21] zdefiniowane zostały m.in. następujące pojęcia:

- rura miedziana okrągła bez szwu – wyrób z otworem, o okrągłym przekroju poprzecznym, wykonany z miedzi, o jednakowej grubości ścianki, mający we wszystkich stadiach produkcji ciągły obwód,
- średnia średnica – średnia arytmetyczna jakichkolwiek dwóch wzajemnie prostopadłych średnic, zmierzonych w tym samym przekroju poprzecznym rury.

Oznaczenie rury powinno zawierać nazwę rury, numer normy, oznaczenie stanu materiału., wymiary rury. Przykładowe oznaczenie rury metrycznej i calowej wykonanej zgodnie z normą PN-EN 12735-1:2010P [21] pokazano na rysunku 3.1



Rysunek 3.1 Przykład oznaczania rury miedzianej stosowanej w chłodnictwie i klimatyzacji

Objaśnienie:

NAZWA® – nazwa fabryczna rury,

PRODUCENT – nazwa producenta rury,

28 x 1,5 – wymiar rury w mm,

1/4" x 0,03" x 50' – wymiar w calach

PN EN 12735-1 – norma rury,

R 290, R 220 – stan twardości

05/15 – miesiąc i rok produkcji

Zgodnie z PN-EN 12735-1:2010P [21] oraz PN-EN 12735-2:2010P [22], skład chemiczny miedzi przeznaczonej na rury chłodnicze powinien być zgodny z następującymi wymaganiami dotyczącymi składu procentowego:

- miedź + srebro: Cu + Ag: min. 99,90 %
- fosfor:  $0,015\% \leq P \leq 0,040\%$

Ten gatunek miedzi (miedź odtleniona fosforem) jest oznaczony jako Cu-DHP lub CW024A.

Miedź Cu-DHP powinna cechować się następującymi właściwościami fizycznymi [9]:

- gęstość:  $8,94 \text{ g/cm}^3$
- moduł sprężystości E:  $0,386 \text{ J/gK}$
- ciepło właściwe:  $0,386 \text{ J/gK}$
- współczynnik rozszerzalności cieplnej:  $17,6 \cdot 10^{-6} / \text{K}$
- opór właściwy:  $3,4 \cdot 10^{-3} / \text{K}$
- przewodność cieplna:  $340 \text{ W/mK}$
- przewodność elektryczna: 79,3 % IACS
- przewodność elektryczna:  $46 \text{ MS/m}$

Stan miedzi jest charakteryzowany przez jej twardość (oznaczenie: H), wytrzymałość na rozciąganie (R) oraz kowalność.

Miedź w stanie wyżarzonym jest materiałem miękkim, w wyniku procesu obróbki plastycznej na zimno – twardym [7].

W instalacjach chłodniczych należy stosować miedź i stopy miedzi w klasie materiałowej R lub Y, zgodnie z nazewnictwem zamieszczonym w normie PN-EN 1173:2009P [19]: R oznacza minimalną wartość wytrzymałości na rozciąganie dla rur instalacyjnych, Y – minimalną wartość umownej granicy plastyczności 0,2% dla rur na oprzyrządowanie.

Zgodnie z zapisami w normie [21] rury instalacyjne miedziane dostępne są w stanie miękkim (R220), półtwardym (R250 lub twardym (R290).

Tabela 3.2. Właściwości mechaniczne miedzi, zgodnie z normą [21]

Stan materiału		Wytrzymałość na rozciąganie, $R_m$ , MPa, Wartość minimalna	Wydłużenie, A, % Wartość minimalna	Twardość (orientacyjnie) HV5
Oznaczenie zgodne z PN-EN 1173:2009P	Określenie zwyczajowe			
R220	Wyżarzony miękki)	220	40	(40 do 70)
R250 a)	Półtwardy	250	30	(75 do 100)
R290 a)	Twardy	290	3	(min. 100)

Uwaga 1: wartości twardości podane w nawiasach nie są wymaganiami normy, lecz tylko podawane jako wartości orientacyjne; Uwaga 2: 1 MPa jest równoważny  $1\text{N/mm}^2$ ; a) – tylko odcinki proste

Cechy geometryczne rur określone są przez podanie nominalnej średnicy zewnętrznej (w układzie metrycznym lub calowym), grubości ścianki (Tabela 3.3) oraz długości.

Zalecane długości dostarczanych rur zwykle wynoszą:

- rury w kręgach: 25 m lub 50 m,
- rury w odcinkach prostych: 3 m, 5 m lub 6 m.

Rury miedziane wykonywane są w wymiarowaniu calowym lub metrycznym:

- rury wyżarzane (miękkie) metryczne – w zakresie średnic zewnętrznych od 6 mm do 22 mm o nominalnej grubości ścianek 0,8 mm oraz 1,0 mm (od 6 x 0,8 mm do 22 x 1,0 mm),
- rury metryczne w stanie półtwardym i twardym – o średnicach od 6 mm do 133 mm o nominalnej grubości ścianek od 0,8 mm do 3,0 mm (od 6 x 0,8 mm do 133 x 3 mm),
- rury miękkie calowe – o średnicach od 1/8" do 7/8" o nominalnej grubości ścianek 0,8 mm oraz 1,0 mm,
- rury calowe w stanie półtwardym i twardym – o średnicach od 1/2" do 4 1/8" o nominalnej grubości ścianek od 1,0 mm do 3,0 mm.

Jeśli dla elementów instalacji rurowej wymagane jest oznaczenie wymiaru DN (bezwymiarowa liczba całkowita, pośrednio powiązana z wielkością fizyczną otworu lub średnicą zewnętrzną łączników końcówek, podana w mm), wówczas dla rur zgodnych z omawianą normą można je określić z zależności:

- $DN = d - 2 \cdot e$  (mm)
- [DN=Nominalna średnica zewnętrzna (ozn. d) - 2 x nominalna grubość ścianki (ozn. e)]

Tabela 3.3. Nominalne średnice zewnętrzne i grubości ścianek rur miedzianych dla chłodnictwa i klimatyzacji, zgodnie z normą [21]

Nominalna średnica zewnętrzna			Nominalna grubość ścianki, e, mm							
Szereg metryczny	Szereg angielski		0,8	1,0	1,25	1,5	1,65	2,0	2,5	3,0
	mm	mm								
	3,18	1/8	●							
	3,97	5/32	●	●						
	4,76	3/16	●	●						
6			■ ●	●						
	6,36	1/4	●	●						
	7,94	5/16	●	●						
8			■ ●	●						
	9,52	3/8	●	●						
10			■ ●	■ ●						
12				■ ●						
	12,7	1/2	●	■ ●						
15				■ ●						
	15,87	5/8		■ ●						
18				■ ●						
	19,06	3/4		●	■					
22				■ ●						
	22,23	7/8			■					
	25,4	1		■						
28						■				
	28,57	1 1/8		■	■					
	34,92	1 3/8			■					
35						■				
	41,27	1 5/8			■					
42						■				
	53,97	2 1/8			■		■			
54								■		
64								■		
	66,67	2 3/8			■		■	■		
76,1								■		
	79,37	3 1/8					■		■	
	98,90	3 1/2						■		
	92,07	3 5/8					■		■	
	104,80	4 1/8					■		■	
108									■	
133										■

UWAGA: tabela jest pierwszym krokiem do wprowadzenia normy obejmującej tylko wartości metryczne

Oznaczenia: ● – dostępne w kręgach, ■ – dostępne w odcinkach prostych



[www.instalacjeczmedzi.pl](http://www.instalacjeczmedzi.pl)

Zgodnie z wymaganiami normy, zewnętrzna i wewnętrzna powierzchnia rur powinna być czysta i gładka. Wewnętrzna powierzchnia rur powinna być zdolna do przejścia z wynikiem pozytywnym próby pozostałości (opisanej w omawianej normie): po odparowaniu rozpuszczalnika ilość pozostałości na jednostkę powierzchni wewnętrznej nie powinna przekraczać  $38 \text{ mg/m}^2$ .

Rury powinny być wolne od wad, które mogłyby wpłynąć ujemnie na ich zastosowanie.

Każda rura powinna być na obu końcach zamknięta kapturkiem, korkiem lub w inny sposób, aby zachować wewnętrzną czystość w normalnych warunkach transportu i magazynowania. W przypadku zastosowania korków, ich konstrukcja nie powinna dopuścić do wpełchnięcia korka do otworu rury głębiej niż na całą jego długość.



Rysunek 3.4 Korkowe zabezpieczenie obu końców rury kapturkiem

Rury powinny być tak pakowane, aby były one skutecznie zabezpieczone w normalnych warunkach transportu i przeładunku. Powinny być pakowane w jednolite partie (o tych samych wymiarach i stanie). Na każdym opakowaniu powinny być w sposób czytelny i trwałe podane informacje takie jak: numer normy, nominalne wymiary przekroju poprzecznego: średnica zewnętrzna x grubość ścianki, ilość, stan, znak identyfikacyjny producenta.



Rysunek 3.5 Sposób pakowania rur do chłodnictwa i klimatyzacji

## 4. Łączniki stosowane w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych

Łączniki do instalacji z rur miedzianych wykonywane są z miedzi i jej stopów (brązu i mosiądzu). Wymagania dla podstawowych typów łączników zamieszczono w normach PN-EN 1254, w częściach 1-4. W normach podano maksymalne ciśnienia i temperaturę pracy instalacji w zależności od stosowanego łącznika [14]. Zaleca się łączenie rur miedzianych przy użyciu fabrycznie wykonanych łączników z miedzi i stopów miedzi.

W instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych, w miedzianych instalacjach czynników chłodniczych, stosowane są następujące rodzaje łączniki:

- do montażu techniką lutowania za pomocą lutów twardych z zawartością srebra (łączniki ACR – Air Conditioning and Refrigeration; w wymiarowaniu calowym wykonane zgodnie z normą amerykańską ASME/ANSI B16.22, produkowane są z rur miedzianych o grubszej ścianie w celu zapewnienia szczelności i trwałości przy wysokich ciśnieniach [30]):  
mufy, mufy redukcyjne, mufy przesuwne, redukcje, łączniki przejściowe GW (z gwintem wewnętrznym), łączniki przejściowe GZ (z gwintem zewnętrznym), kolana 45°, kolana 90°, łuki 90°, łuki redukcyjne 90°, trójniki, trójniki redukcyjne, kapy, łuki 180°, syfony [8],

- do połączeń gwintowych:  
stożkowe gwinty rurowe (do średnicy DN 40, tylko do łączenia urządzeń kontrolnych, zabezpieczających i przyrządów wskazujących z częściami instalacji [3], [14]), złączki gwintowane dociskowe (do średnicy DN 32 [3], [14]).

Łączniki są dostępne w wymiarowaniu calowym w zakresie średnic od 3/16" do 4 1/8", a po wprowadzeniu najnowszej wersji normy PN-EN 12735-1:2010P [21] powinny być dostępne w rozszerzonym ciągu wymiarowym metrycznym od 6 do 133 mm, obejmując w ten sposób szeroki zakres wymiarów stosowanych w instalacjach chłodniczych.

Specjalna grupa łączników są łączniki miedziane K65 stosowane w ekologicznych wysokociśnieniowych miedzianych instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych z rur stopowych, w których czynnikiem chłodzącym jest dwutlenek węgla. Produkowane są w wymiarach calowych od 3/8" do 5/8" i dostosowane do maksymalnego ciśnienia roboczego do 120 barów.

## 5. Podstawowe dane do projektowania instalacji z rur miedzianych

Podczas projektowania instalacji chłodniczych z rur miedzianych korzysta się z następujących danych:

- średnica rury,
- długość rozważanego odcinka instalacji,
- masa czynnika chłodniczego (w stanie ciekłym i parowym) wypełniającego rury – dla dużych instalacji,
- wydłużenie rur spowodowane zmianami temperatury (konieczne stosowanie kompensacji za pomocą specjalnych złączy lub wydłużeń o kształcie „U” lub „L”),
- spadek ciśnienia podczas przepływu czynnika przez odcinki proste i kształtki (każdą kształtkę w obliczeniach można zastąpić długością prostej rury odpowiedniej średnicy powodującej taki sam spadek ciśnienia) oraz armaturę,
- maksymalna prędkość przepływu czynnika,
- spadek temperatury czynnika po stronie ssącej instalacji,
- rozmieszczenie podpór.

Strona ssawna instalacji zawsze musi być zaizolowana, aby uniknąć tworzenia się kropli na zewnętrznej powierzchni, rura tłoczna może być zaizolowana, aby ochronić ludzi przed poparzeniami przy przypadkowym kontakcie lub uniknąć niepożądanego ogrzewania pomieszczenia [1].

## 6. Sposoby łączenia instalacji miedzianych stosowanych w instalacjach chłodniczych i klimatyzacyjnych

Instalacje chłodnicze muszą być wykonane w sposób trwale szczelny, zapewniający ich bezpieczną eksploatację, będącą konsekwencją stosowania niebezpiecznych i ściśle ewidencjonowanych substancji [31], [14].

Rozróżnia się następujące połączenia stosowane w miedzianych instalacjach chłodniczych:

- rozłączne,
- nierozłączne.

Połączenia rozłączne stosuje się do montażu elementów serwisowanych w trakcie eksploatacji, wymagających dostępu dla obsługi ze względu na uzupełnianie czynnika lub w celu wykonywania obowiązkowych pomiarów czynnika. Uszczelnia się je głównie systemem metal na metal, np. stosując stożek lub zaciskowy pierścień metalowy. Połączenia rozłączne rur z osprzętem należy wykonywać za pomocą połączeń kielichowych lub łączników gwintowanych zaciskowych. Należy unikać połączeń gwintowanych na gwinty stożkowe typu R i stosować je jedynie do montażu przyrządów pomiarowych i kontrolnych na rurociągach [14].

Instalacje chłodnicze w sposób trwały łączone są przez lutowanie twarde lub spawanie (tabela 3). Połączenia nierozłączne i strefy do nich przyległe powinny być pozbawione jakichkolwiek niezgodności powierzchniowych i wewnętrznych, pogarszających bezpieczeństwo urządzenia [14], [3]. Stosowane w takich połączeniach luty (oparte na stopach miedzi) muszą być zgodne z wymaganiami normy PN-EN ISO 17672:2010E [25] (zastąpiła normę PN-EN 1044:2002P), a używane wspólnie topniki – normy PN-EN 1045:2001P [16]. Zaleca się stosowanie lutu typ LCuP6 (fosforowy na bazie miedzi) oraz typ Lag2P (fosforowy z 2% domieszką srebra) [14], [31].

W instalacjach ekologicznych z czynnikiem chłodniczym R744 (dwutlenek węgla), łączniki miedziane K65 łączy się przez lutowanie twarde przy użyciu lutów twardych z minimalną zawartością srebra 2%.

Podczas operacji spawania lub lutowania powinno się unikać zanieczyszczeń instalacji przez tworzenie się tlenków. W tym celu można spawać w atmosferze gazu obojętnego lub usuwając powstały osad tlenków. Należy dokładnie zbadać zgodność wszystkich materiałów wykorzystywanych w operacji lutowania lub spawania (np. lutu, topnika) z czynnikiem chłodniczym, gdyż czynniki chłodnicze nowej generacji pozwalają obecnie na uzyskanie wyższej wartości temperatury i ciśnienia roboczego [29], [14].

Do łączenia rur z osprzętem nie powinno stosować się lutowania miękkiego. Rury o różnych średnicach należy łączyć jedynie za pomocą fabrycznie wykonanych złązek rurowych redukcyjnych [14].

Miedź w kontakcie z innymi metalami przyspiesza ich korozję. Jedynie stal nierdzewna w połączeniu z miedzią nie koroduje. Rury miedziane nie powinny być stosowane w instalacjach, w których mają się znaleźć elementy aluminiowe [10].

W normie PN-EN 378-2+A2:2012E [24] zamieszczono zalecenia dotyczące stosowania (lub niestosowania) połączeń rozłącznych i nierozłącznych w instalacjach chłodniczych i pompach ciepła. Norma nie ma zastosowania do instalacji ziemnych, w których czynnikiem ziemnym jest woda lub powietrze i nie obejmuje wymagań dotyczących wyposażenia używanego w potencjalnie wybuchowej atmosferze. Instalacje wykorzystujące czynniki ziemne inne niż wymienione w Załączniku E do EN 378-1:2008+A2:2012 nie są objęte normą, dopóki nie zostaną wyznaczone grupy bezpieczeństwa tych czynników.

W tabeli 6.1 zamieszczono ogólne zalecenia dotyczące stosowania metod łączenia elementów instalacji miedzianej.

Tabela 6.1. Ogólne zalecenia dotyczące łączenia rur miedzianych [32]

Połączenia	Rodzaj instalacji				
	Chłodnictwo, klimatyzacja	Ogrzewanie	Gaz	Gazy medyczne i próżnia	Instalacje solarne
Lutowanie miękkie	nie stosować	stosować	nie stosować	nie stosować	nie stosować
Lutowanie twarde	stosować	stosować	stosować	stosować	stosować
Zaprasowywanie	nie stosować	stosować	stosować	nie stosować	stosować

Zasady stosowania łączenia instalacji ziemnych łącznie z rurociągami, częściami składowymi i materiałami zgodnie z normą PN-EN 378-2+A2: 2012E [24]:

- lutowanie miękkie – nie stosuje w częściach składowych zawierających czynnik ziemny, w przypadku, gdy wytrzymałość ma istotne znaczenie,
- lutowanie twarde – nie powinno się stosować bez uprzedniego potwierdzenia, przez próby lub praktykę, jego zgodności z czynnikami ziemnymi i smarami.

Połączenia i osprzęt rurociągów:

- połączeń zatrzaskowych i wciskowych powinno się jedynie używać do łączenia części urządzeń samodzielnych,
- połączenia nierozłączne – powinno wykonywać się za pomocą spawania lub lutowania, zgodnie z PN-EN 14276-2 [23],
- połączenia rozłączne – stosowane jedynie w przypadku, gdy połączenia nierozłączne są ze względów technicznych nieodpowiednie,
- połączenia kołnierzowe powinny być tak usytuowane, aby można było rozmontować łączone części przy minimalnym odkształceniu rurociągu; dla rurociągów miedzianych zaleca się stosować znormalizowane kołnierze zgodnie z PN-EN 1092-3:2008P [18]; połączenia muszą być sztywne i wystarczająco wytrzymałe, aby uniknąć jakiegokolwiek wypchnięcia uszczelki – zaleca się stosowanie kołnierzy z rowkiem lub wypustem lub występem i wgłębieniem,
- połączenia rozłączane powinno się ograniczyć wyłącznie do rur wyżarzanych oraz takiej wielkości, by ich średnica zewnętrzna nie przekraczała 20 mm, w przypadku rurociągów miedzianych do połączeń rozłączanych powinno się stosować odpowiedni moment obrotowy (tabela 4 w [24]), połączenia powinny się dokręcać określonym momentem obrotowym za pomocą klucza dynamometrycznego i odpowiedniego klucza maszynowego, końcówki rur powinny być ucięte pod kątem prostym do ich osi,
- stożkowe gwinty rurowe – stosowane na obrzeżu instalacji ziębniczej, powinny być ograniczane do maksimum DN40 i stosowane jedynie do łączenia urządzeń kontrolnych, zabezpieczających i przyrządów wskazujących z częściami składowymi instalacji; elementy złączone z gwintem rurowym stożkowym i materiał uszczelniający powinny być zatwierdzone przez producenta pod względem szczelności.
- połączenia ściskane – powinny być ograniczone do rurociągów o średnicy maksimum DN 32.

## 7. Rury ze stopów miedzi stosowane w instalacjach chłodniczych ekologicznych (rura stopowa K65)

W proekologicznych urządzeniach chłodniczych oraz w systemach odzysku ciepła oraz w pompach ciepła jako czynnik chłodniczy stosowany jest dwutlenek węgla (R744). Jego zastosowanie w urządzeniach chłodniczych wymaga wysokich ciśnień roboczych wynoszących do 120 barów.

Naturalne czynniki chłodnicze, takie jak dwutlenek węgla, a także amoniak, węglowodory charakteryzują się dobrymi parametrami fizycznymi, termodynamicznymi, wysoką stabilnością chemiczną, wysoką wydajnością, minimalnym oddziaływaniem na środowisko naturalne, jak również łatwością usunięcia wraz z zakończeniem okresu ich przydatności. Powszechnie stosowane rury miedziane nie spełniają kryteriów bezpieczeństwa dla tak wysokich ciśnień. W takich instalacjach stosuje się charakteryzujące się wysoką wytrzymałością, rury, kształtki i złączki ze stopu miedzi z 2,5 % domieszką żelaza oraz śladową zawartością fosforu, o symbolu  $\text{CuFe}_2\text{P}$ , oznaczane jako K65. Są one odporne na wysokie ciśnienia i, w porównaniu z instalacjami stalowymi, mają mniejsze średnice zewnętrzne i cieńsze ścianki. Stop ten od lat z powodzeniem stosowany jest w elektrotechnice i przemyśle samochodowym. Lżejsze rury K65 zapewniają istotne oszczędności materiałowe oraz np. łatwiejszy podsufitowy montaż instalacji. Materiał ten jest nieco magnetyczny i z łatwością można go odróżnić od miedzi za pomocą magnesu neodymowego [33].

Instalacje chłodnicze z rur stopowych  $\text{CuFe}_2\text{P}$  (K65) łączone są z kształtkami K65, podobnie jak instalacje chłodnicze z miedzi, za pomocą lutowania twardego. Nie stosuje się spawania.

Rura K65 spełnia wymagania zapisane w PN-EN 12735-1:2010P [21]. Jej stan utwardzenia wynosi R300. Dostarczane są rury o długości 5 m, zakorkowane z obu stron, w liczbie 10 sztuk pakowane w jedno, tekturowe pudełko.

Dostępne wymiary rur zamieszczono w tabeli 7.1

Tabela 7.1. Dostępne wymiary rur K65 [33]

Średnica zewnętrzna cal	Średnica zewnętrzna mm	Grubość ścianki zewnętrznej mm
3/8	9,52	0,65
1/2	12,70	0,85
5/8	15,87	1,05
3/4	19,05	1,3
7/8	22,23	1,5
1 1/8	28,57	1,9
1 3/8	34,92	2,3
1 5/8	41,27	2,7
2 1/8	53,97	3,55



Rysunek 7.2 Rura i łącznik ze stopu K65

## 8. Miedź w urządzeniach HVACR

Poza transportowaniem czynników chłodniczych (w przewodach z miedzi chłodniczej), w instalacjach klimatyzacji i chłodzenia rury miedziane mogą być wykorzystane do wykonania przewodów doprowadzających wodę do urządzeń (rury przyłączeniowe) oraz węzownic. Stosuje się obecnie dwa rodzaje rur miedzianych: do obiegu chłodniczych oraz przeznaczone do wykorzystania w środowisku wodnym. W wymiennikach glikolowych służących do odzysku ciepła oraz w pompach ciepła nośnikiem ciepła są ciecze niezamarzające zawierające glikole. W takich układach można stosować elementy wykonane z miedzi, jeśli zawierają one inhibitory korozji chroniące miedź i luty miedzi przed działaniem korozyjnym [13]. Do klimatyzatorów typu split i multisplit stosuje się do transportu czynnika chłodniczego preizolowane rury miedziane, łączące wewnętrzne i zewnętrzne jednostki klimatyzacyjne.

Zastosowanie miedzianych rurek w systemach klimatyzacyjnych zwiększa ich sprawność i przynosi znaczącą poprawę wydajności całkowitej urządzeń klimatyzacyjnych.

Przykładowe urządzenia klimatyzacyjne z elementami wykonanymi z miedzi:

- nagrzewnica i chłodnica wodna – węzownica z rurami wykonanymi z miedzi i lamelami z aluminium, w wersji antykorozyjnej do zastosowań w środowisku wilgotnym i sprzyjającym korozji może mieć też lamele z miedzi,
- przewody doprowadzające wodę do wymienników ciepła w takich urządzeniach, jak klimakonwektory (fancoile), klimakonwektory, belki chłodzące,
- przewody wentylacyjne z blachy miedzianej [11],
- kratki wentylacyjne – na zamówienie mogą być wykonane z miedzi lub z mosiądzu [12],
- przepustnice wielopłaszczyznowe – element regulacji przepływu powietrza przez kratkę wentylacyjną lub anemostat – na zamówienie mogą być wykonane z miedzi [12].

Rury miedziane stosowane w urządzeniach wentylacyjnych i klimatyzacyjnych, szczególnie w wymiennikach ciepła, posiadają specjalną budowę. Często na zewnętrznej powierzchni pojawia się gęste uźebrowanie, a we wnętrzu rury rdzeń z wielodroźnego aluminium dla zwiększenia oddawania ciepła z czynnika przez ścianki. Rury te mają z reguły cieńsze ścianki, ale wykonane są z dodatkowymi wymaganiami odnośnie struktury i składu metalu i spełniają wymogi normy PN-EN 12735-2:2010P [22], [31]. Ich budowa przyczynia się do poprawy przekazywania ciepła pomiędzy chłodziwem a ściankami rurek oraz do zwiększenia wydajności energetycznej. Zastosowanie rur miedzianych o małych średnicach pozwala na produkcję bardziej zwartych i bardziej wydajnych węzłowic wymienników ciepła, obniżając tym samym koszty urządzeń i poprawiając ich efektywność.

Francuska firma wprowadziła na rynek pierwszą w Europie centralę wentylacyjno-klimatyzacyjną z elementami wykonanymi z miedzi przeciwdrobnoustrojowej, oznaczoną symbolem Cu+, w wymiarach od 300×600 mm do 1600×1800 mm o przepływie powietrza od 300 do ponad 130 000 m<sup>3</sup>/h. Zastosowano miedziane rurki o średnicy wewnętrznej 12,7 mm oraz 15,45 mm. Centrale charakteryzują się dobrą sprawnością cieplną – większą niż standardowe wykonania z aluminium. Zastosowanie miedzi ma przeciwdziałać **rozwojowi grzybów pleśniowych w systemach klimatyzacyjnych** [15].

Także z miedzi wykonywane są [11] przewody i kształtki wentylacyjne przeznaczone do transportu powietrza wentylacyjnego. Przewody okrągłe wykonywane są w takiej samej technologii, jak przewody zwijane Spiro z blachy stalowej ocynkowanej w zakresie średnic od 100 do 500 mm, o grubości ścianek 0,5 mm. Wykonane z miedzi są także kształtki wentylacyjne: segmentowe kolana wentylacyjne, trójniki, zwężki, króćce, o wymiarach analogicznych jak kształtki z blachy ocynkowanej. Łączy się je nypłowo z przewodami z uszczelkami z gumy komórkowej porowatej EPDM zapewniającymi podwyższoną klasę szczelności C zgodnie z normą PN-EN 12237:2005P [20]]. Ze względu na naturalną powłokę antybakteryjną są zalecane do wilgotnych środowisk.

## 9. Zasady BHP i ppoż. oraz wymagania eksploatacyjne

Problemy bezpieczeństwa podczas pracy przy instalacjach chłodniczych poruszono w Rozporządzeniu [28], odnoszącym się wyłącznie do instalacji chłodniczych użytkowanych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego, w których jako czynnikziębniczy stosowany jest amoniak.

Prace przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego zalicza się do prac szczególnie niebezpiecznych w rozumieniu ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy. Maszynownię i aparatownię oraz inne pomieszczenia, w których zachodzi konieczność wymiany powietrza, wyposaża się w system wentylacji ciągłej z co najmniej 3-krotną wymianą powietrza w ciągu godziny oraz w system wentylacji awaryjnej, uruchamiany z zewnątrz i od wewnątrz, o wydajności zapewniającej co najmniej 10-krotną wymianę powietrza w ciągu godziny. Pomieszczenia wyposaża się w aparaturę umożliwiającą ciągłą kontrolę stężenia amoniaku w powietrzu i sygnalizującą przekroczenie wartości najwyższego dopuszczalnego stężenia oraz najwyższego dopuszczalnego stężenia chwilowego amoniaku w powietrzu. Butle z amoniakiem przechowuje się w pozycji stojącej w pomieszczeniu nieogrzewanym lub pod wiatą oraz oddziela się od butli z innymi gazami, zaopatruje się w kołpaki ochronne, zabezpiecza się przed dostępem osób trzecich [28].

W przypadku niekontrolowanego wycieku amoniaku [28]:

1. uruchamia się wentylację awaryjną,
2. odcina się dopływ amoniaku do tej części instalacji, z której nastąpił wyciek,
3. przystępuje się do neutralizacji par amoniaku przy użyciu mgły wodnej lub preparatów chemicznych,
4. opróżnia się uszkodzony odcinek instalacji z amoniaku, jeżeli jest to możliwe w danej sytuacji,
5. powiadamia się pracodawcę.

Z pomieszczeń skażonych lub zagrożonych parami amoniaku ewakuuje się pracowników.

W sąsiedztwie pomieszczeń, w których wystąpił niekontrolowany wyciek amoniaku, niedopuszczalne jest używanie sprzętu i urządzeń iskrzących lub wytwarzających płomień albo wysoką temperaturę. Ponieważ w [28] nie są omówione wymagania BHP dla wszystkich typów instalacji chłodniczych, w 2015 r. udostępniona została ostatnia wersja znacznie szerszego projektu rozporządzenia w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy instalacjach ziębniczych [26]. Rozporządzenie stosuje się do wszystkich instalacji ziębniczych o zainstalowanej mocy cieplnej powyżej 50 kW dla warunków nominalnych, służących do ochładzania lub ogrzewania produktów, pomieszczeń, obiektów lub ośrodków.

Zawarto w nim następujące m.in. następujące wymagania [26]:

- prace i czynności eksploatacyjne przy instalacji ziębniczej lub jej częściach składowych powinny być wykonywane przez osoby uprawnione, posiadające właściwe świadectwo kwalifikacji,
- prace eksploatacyjne przy instalacji ziębniczej prowadzi się zgodnie z instrukcją eksploatacji,
- prace i czynności eksploatacyjne przy instalacji ziębniczej są pracami szczególnie niebezpiecznymi, które należy wykonywać na podstawie polecenia pisemnego (dotyczy prac związanych z rozszczelnieniem albo uszkodzeniem powłok ciśnieniowych, przetaczaniem czynników ziębniczych, niekontrolowanym uwolnieniem czynnika ziębniczego, pożarem lub wybuchem palnego czynnika ziębniczego, szkodliwym oddziaływaniem na organizm człowieka czynnika ziębniczego, jak również produktów jego spalania lub rozkładu pod wpływem wysokiej temperatury, wpływem czynników termicznych na obiekty techniczne oraz ludzi, odolejania i odpowietrzania obiegów ziębniczych i części składowych instalacji ziębniczej),
- w celu zapewnienia bezpieczeństwa prac eksploatacyjnych, zapobiegania awariom technicznym oraz właściwego postępowania po ich wystąpieniu, rurociągi oraz ich główne wyposażenie powinny posiadać oznakowanie, w szczególności dotyczące:
  - o zawartości rurociągów: numeru, nazwy i wzoru chemicznego związku albo numeru i składu mieszaniny, grupy bezpieczeństwa czynnika ziębniczego oraz napełnienia nominalnego. Oznakowanie to powinno być umieszczone w miejscach, w których uwolnienie się płynu może stwarzać bezpośrednie zagrożenie dla osób, w szczególności w miejscach przechodzenia przewodów przez ściany lub w pobliżu zaworów,
  - o kierunku przepływu płynu w rurociągu, zwłaszcza w pobliżu pomp, zaworów, rozgałęzień, kranów spustowych oraz w przewodach zbiorczych lub rurociągach upustowych z ciśnieniowych przyrządów bezpieczeństwa, jeśli kierunek ten nie jest jednoznaczny,
  - o głównych przyrządów sterujących, odcinających i bezpieczeństwa, w zakresie realizowanych przez nie funkcji,
  - o przyrządów zamykających dopływ płynu i umożliwiających opróżnienie określonych odcinków instalacji ziębniczej w sytuacjach awaryjnych,
  - o przyrządów, które mogą być obsługiwane wyłącznie przez osoby upoważnione,
  - o przewodów zasilających, przykładowo dostarczających wodę, powietrze, energię elektryczną

W celu zapewnienia bezpieczeństwa pracy, odpowiednio do poziomu występujących zagrożeń, maszynownia powinna:

- posiadać stałą wentylację mechaniczną, wentylację awaryjną oraz sygnalizację alarmową, uruchamiającą sygnał dźwiękowy i świetlny wewnątrz i na zewnątrz maszynowni, w miejscu stałego nadzoru lub obecności ludzi,
- być wyposażona w miernik:
  - stężenia tlenu, włączający sygnalizację alarmową i wentylację awaryjną po spadku stężenia tlenu poniżej 19 %, albo
  - stężenia czynnika ziębniczego, włączający sygnalizację alarmową i wentylację awaryjną po przekroczeniu wartości stężenia uznanej za dopuszczalną z uwagi na jego toksyczność lub palność – w zależności od grupy bezpieczeństwa czynnika ziębniczego,
- uniemożliwiać przedostawanie się czynnika ziębniczego do sąsiadujących pomieszczeń,
- umożliwiać bezzwłoczne opuszczenie maszynowni w przypadku wystąpienia awarii lub innego zagrożenia,
- posiadać umieszczone na zewnątrz i wewnątrz maszynowni, odpowiednio oznakowane i uruchamiane ręcznie za pomocą podświetlanych przycisków, wyłączniki awaryjne i sygnalizacyjno-alarmowe:
  - wyłącznik wentylacji awaryjnej,
  - wyłącznik awaryjny, umożliwiający natychmiastowe zatrzymanie działania instalacji ziębniczej,
  - wyłącznik sygnalizacji alarmowej.

W przypadku instalacji ziębniczej, w której palny czynnik ziębniczy w postaci gazu, pary cieczy lub mgły może tworzyć atmosferę wybuchową, należy podejmować działania i stosować środki ochronne określone w przepisach BHP, ze szczególnym uwzględnieniem następujących wymagań:

- 1) w przestrzeniach zagrożonych wybuchem należy stosować wyposażenie techniczne odpowiadające przepisom dotyczącym urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem,
  - 2) osoby pracujące w tych przestrzeniach należy wyposażyć w narzędzia przeznaczone do użytku w atmosferze wybuchowej oraz odzież, obuwie robocze i środki ochrony indywidualnej w wykonaniu antyelektrostatycznym.
2. Podczas wykonywania prac w przestrzeniach, o których mowa w ust. 1, włączenie się alarmu w przyrządzie do pomiaru stężenia czynnika ziębniczego w powietrzu powinno następować przy stężeniu równym wartości 20% dolnej granicy wybuchowości (0,2 DGW) tego czynnika.
3. Temperatura powierzchni, na które przez nieszczelności może wydostawać się palny czynnik ziębniczy, nie powinna przekraczać temperatury jego samozapłonu pomniejszonej o 100 K.

Zgodnie z wymaganiami podanymi w normie [24] dla zapewnienia bezpieczeństwa i ochrony środowiska należy podczas montażu rurociągu muszą być spełnione następujące wymagania:

- nie powinno wystąpić żadne zagrożenie osób, a na drogach ewakuacyjnych i trasach dostępu nie należy ograniczać swobodnego przejścia,
- w przypadku stosowania czynników chłodniczych z grup bezpieczeństwa A2, B1, B2 (czynniki palne przy stężeniu  $\geq 3,5\%$  obj. w powietrzu i/lub toksyczne), A3 lub B3 (czynniki palne lub wybuchowe przy stężeniu poniżej  $3,5\%$  obj. w powietrzu) nie powinno się umieszczać żadnych zaworów i połączeń rozłącznych w miejscach ogólnie dostępnych; w przypadku innych czynników ziębniczych zawory i połączenia rozłączne powinny być zabezpieczone przed niezamierzona obsługą lub rozłączeniem,
- rurociąg powinien być zabezpieczony przed oddziaływaniem ciepła, poprzez oddzielenie go od gorących rur i źródeł ciepła,
- połączenia lutem twardym, spawane lub mechaniczne rur łączących (np. w przypadku instalacji klimatyzacyjnych typu split), należy wykonać przed otwarciem zaworów w celu umożliwienia przepływu czynnika ziębniczego przez poszczególne części instalacji ziębniczej; powinno się przewidzieć zawór umożliwiający odessanie rury łączącej i/lub jakiegokolwiek części instalacji nienapełnionej czynnikiem ziębniczym,
- przewody rurowe o małych średnicach, zawierające czynnik ziębniczy, takie jak węże łączące jednostkę zewnętrzną z jednostką wewnętrzną, które mogą być przemieszczane podczas normalnej eksploatacji, powinny być zabezpieczone przed uszkodzeniem mechanicznym.

Lutowanie twarde powinno być wykonywane wyłącznie przez osoby kompetentne. Podczas wykonywania połączeń głównych instalacji (np. po stronie wysokiego ciśnienia), które mają wpływ na wytrzymałość i bezpieczeństwo zespołu, należy wprowadzić i zachowywać odpowiednie procedury identyfikacji materiału od momentu jego otrzymania, przez proces łączenia aż do prób końcowych instalacji. Technologia wykonywania połączeń stałych powinna być uznana przez uprawnioną instytucję, organizację, a stosujący ją powinien mieć określone kwalifikacje [4].

## Bibliografia

1. Adamski B., Wymiarowanie instalacji freonowych (cz. 2), Rynek Instalacyjny, 1-2/2008, s. 92-97
2. Czynniki chłodnicze – raport, wyd. 18, Blitzer
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie harmonizacji ustawodawstwa państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku urządzeń ciśnieniowych, Dyrektywa 97/23/WE z dn. 29.05.1997 r.
4. <http://klimatyzacja.beepworld.pl/instalacjemiędzy.htm>
5. <http://riad.pk.edu.pl>
6. <http://swiadectwa.chbd.pl/czynniki-chlodnicze.html>
7. <http://www.copperalliance.pl>



8. <http://www.ibpgroup.com.pl/>
9. <http://www.metale-kolorowe.eu/miedz/miedz-Cu-DHP.html>
10. [http://www.muratorplus.pl/technika/ogrzewanie/rury-miedziane-i-rury-stalowe-w-jednej-instalacji-grzewczej\\_77044.html](http://www.muratorplus.pl/technika/ogrzewanie/rury-miedziane-i-rury-stalowe-w-jednej-instalacji-grzewczej_77044.html)
11. Katalog firmy Alnor
12. Katalog firmy Smay
13. Langman E., Miedź w instalacjach chłodniczych i pompach ciepła (cz. 1). Wymagania dla instalacji wykonanych z miedzi, Chłodnictwo&Klimatyzacja, 6/2009, s. 40-44
14. Langman E., Miedź w instalacjach chłodniczych i pompach ciepła (cz. 2). Wymagania dla instalacji wykonanych z miedzi, Chłodnictwo&Klimatyzacja, 9/2009, s. 52-56
15. Materiały firmy Hydronic
16. PN-EN 1045:2001P, Lutowanie twarde – Topniki do lutowania twardego – Klasyfikacja i techniczne warunki dostawy
17. PN-EN 1057+A1:2010P, Miedź i stopy miedzi -- Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania
18. PN-EN 1092-3:2008P, Kołnierze i ich połączenia – Kołnierze okrągłe do rur, armatury, kształtek, łączników i osprzętu z oznaczeniem PN – Część 3: Kołnierze ze stopów miedzi
19. PN-EN 1173:2009P, Miedź i stopy miedzi – Oznaczenia stanów materiału
20. PN-EN 12237:2005P, Wentylacja budynków – Sieć przewodów – Wytrzymałość i szczelność przewodów z blachy o przekroju kołowym
21. PN-EN 12735-1:2010P, Miedź i stopy miedzi – Rury miedziane okrągłe bez szwu stosowane w instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych – Część 1: Rury do instalacji rurowych
22. PN-EN 12735-2:2010P, Miedź i stopy miedzi – Rury miedziane okrągłe bez szwu stosowane w instalacjach klimatyzacyjnych i chłodniczych – Część 2: Rury do oprzyrządowania
23. PN-EN 14276-2+A1:2011E, Urządzenia ciśnieniowe w instalacjach ziębnych i pompach ciepła -- Część 1: Przewody – Wymagania ogólne
24. PN-EN 378-2+A2:2012E, Instalacje ziębne i pompy ciepła – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa i ochrony środowiska – Część 2: Projektowanie, wykonywanie, sprawdzanie, znakowanie i dokumentowanie
25. PN-EN ISO 17672:2010E, Lutowanie twarde – Spoiwa
26. Projekt rozporządzenia Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy instalacjach ziębnych z dnia 8 grudnia 2015 r., <http://www.mpips.gov.pl/bip/projekty-aktow-prawnych/projekty-rozporzadzen-i-zarzaden/prawo-pracy/projekt-rozporzadzenia-ministra-pracy-i-polityki-spolecznej-w-sprawie-bezpieczenstwa-i-higieny-pracy-przy-instalacjach-ziebnych-/> (dostęp: 11.05.2016 r.)
27. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21.12.2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych, Dz.U. 2005.263.2200
28. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 12 maja 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy obsłudze amoniakalnych instalacji chłodniczych w zakładach przetwórstwa rolno-spożywczego, Dz.U. 2003.98.902
29. Rusowicz A., Miedź w instalacjach chłodniczych, Chłodnictwo&Klimatyzacja, nr 1-2/2005, s. 24-25
30. Systemy łączników stosowane w instalacjach miedzianych, Polskie Centrum Promocji Miedzi, Wrocław, 2014 [www.copperalliance.pl](http://www.copperalliance.pl)
31. Wiktorczyk M., Dobór i obróbka rur miedzianych, Chłodnictwo&Klimatyzacja nr 6/2008, s. 26-29
32. Zakrzewski K., Instalacje miedziane – techniki łączenia oraz wymagane uprawnienia. Złączka z paragrafem, Instalator Polski, 2/2014, [www.instalator.pl](http://www.instalator.pl)
33. Zakrzewski K., Rury z miedzi i stopów miedzi stosowane w chłodnictwie, Rynek Instalacyjny nr 9/2015, s. 78-79







Europejski  
Instytut Miedzi  
Copper Alliance

---

# Miedź Mądry Wybór

---

Europejski  
Instytut Miedzi

ul. św. Mikołaja 8-11 (p. 408)  
50-125 Wrocław  
e-mail: [biuro@instytutmiedzi.pl](mailto:biuro@instytutmiedzi.pl)

tel.: (+48) 71 78 12 502  
fax: (+48) 71 78 12 504

[www.instytutmiedzi.pl](http://www.instytutmiedzi.pl)