

Janusz Neider

*Institut Nafty i Gazu, Kraków*

## Analiza wpływu parametrów roboczych na właściwości materiałów uszczelniających w kurkach kulowych

W artykule przedstawiono analizę materiałów uszczelniających – elastomerowych i z tworzyw sztucznych – stosowanych dla kurków kulowych. Przeprowadzono analizę norm dotyczących tych uszczelnień. Zaprezentowano wyniki badań kurków kulowych z różnymi rodzajami uszczelnień oraz wynikające z tych badań wnioski.

**Analysis of influence of operating parameters on the properties of sealing materials in the ball valves**

The article presents analysis of elastomer sealing materials and from artificial materials, used for ball valves. Carry analysis standards concern these seals. Shows results of a ball valves tests with different types of seals and presents conclusions from this tests.

### Wstęp

Producenci armatury mają obecnie dostęp do wielu materiałów uszczelniających. Prawidłowy ich dobór, stwarza konieczność dogłębnej analizy – zwłaszcza w aspekcie ukazania się nowych norm europejskich i Dyrektyw Nowego Podejścia, określających możliwości ich stosowania. Celem artykułu była analiza powszechnie stosowanych w kurkach kulowych mate-

riałów uszczelniających; elastomerowych i z tworzyw sztucznych, pod kątem wymagań zawartych w normach europejskich oraz przedstawienie wyników badań kurków kulowych wytwarzanych przez różnych producentów. Badania miały na celu stwierdzenie poprawności doboru stosowanych przez producentów uszczelnień oraz ustalenie kryteriów ich doboru.

### **Analiza dostępnych materiałów uszczelniających; elastomerowych i z tworzyw sztucznych, przeznaczonych do stosowania w armaturze montowanej w instalacjach sieci gazowych**

Podstawowymi parametrami określającymi przydatność uszczelnień do montażu w odcinającej armaturze gazowej są:

- zakres temperatur roboczych,
- właściwości wytrzymałościowe,
- współczynniki tarcia i zużycia,
- uderzalność,
- łatwość obróbki i zapewnienie stabilności wymiarowej.

#### **Uszczelnienia elastomerowe**

Uszczelnienia trzpienia wykonuje się głównie stosując uszczelki elastomerowe typu o-ring. Podstawowymi materiałami elastomerowymi są:

- mieszanki na bazie kauczuku nitylowego (NBR),
- mieszanki na bazie kauczuku fluorowego (FPM, FKM),

- mieszanki na bazie kauczuku fluorosilikonowego (FVMQ).

#### *Mieszanki na bazie kauczuku nitylowego (NBR)*

Nityl jest kopolimerem butadienu i akrylonitrylu. Procentowy stosunek tych związków chemicznych warunkuje stopień olejoodporności i mrozoodporności. Nitrol charakteryzuje się wysoką elastycznością, wytrzymałością na zrywanie oraz małym odkształceniem trwałym przy ściskaniu. Jest odporny na:

- oleje mineralne i smary,
- węglowodory alifatyczne,
- benzynę,
- propan i butan.

W zależności od twardości rozróżnia się trzy podstawowe rodzaje kauczuku nitylowego, przedstawione w tablicy 1.

**Tablica 1.** Rodzaje kauczuku nitylowego w zależności od stopnia twardości

Symbol mieszanki	Twardość IRHD ±5	Zakres temperatur
70 A	70	od -30°C do 100°C
82 A	82	
90 A	90	

**Mieszanki na bazie kauczuku fluorowego (FPM, FKM)**

Mieszanki znane pod nazwą VITON cechuje szczególnie duża odporność cieplna i chemiczna. Udział fluoru w znacznym stopniu wpływa na ich niepalność. Wykazują niewielką przepuszczalność gazów, wytrzymałość na rozciąganie tych mieszanek wynosi 13 N/mm<sup>2</sup>. Są odporne na:

- oleje i smar,
- agresywne związki chemiczne,
- węglowodory alifatyczne i aromatyczne,
- ozon.

W zależności od twardości rozróżnia się 2 podstawowe rodzaje VITONU, przedstawione w tablicy 2.

**Tablica 2.** Rodzaje kauczuku fluorowego w zależności od stopnia twardości

Symbol mieszanki	Twardość IRHD ±5	Zakres temperatur
70 F	70	od -20°C do +25°C
80 F	80	

**Mieszanki na bazie kauczuku fluorosilikonowego (FVMQ)**

Mieszanki te posiadają bardzo dobrą odporność na niskie temperatury, są niepalne oraz odporne na:

- oleje i smary mineralne,
- ozon.

W zależności od twardości rozróżnia się 2 podstawowe rodzaje kauczuku fluorosilikonowego, przedstawione w tablicy 3.

**Tablica 3.** Rodzaje kauczuku fluorosilikonowego w zależności od stopnia twardości

Symbol mieszanki	Twardość IRHD ±5	Zakres temperatur
70 Si	70	od -50°C do +200°C
80 Si	80	

**Uszczelnienia z tworzyw sztucznych**

W przypadku kurków kulowych szczelność zamknięcia armatury odcinającej uzyskuje się stosując

uszczelnienie kuli wykonane głównie z tworzyw sztucznych. Podstawowymi rodzajami stosowanych tworzyw sztucznych są:

- PTFE,
- POM.

**PTFE**

Policzterofluoroetylen PTFE, znany powszechnie pod nazwą handlową „teflon”, jest tworzywem sztucznym, całkowicie odpornym na oddziaływanie chemiczne, rozpuszczającym się tylko w stężonym kwasie fluorowodorowym. Jest jednym z najbardziej stabilnych termicznie tworzyw, o temperaturowym zakresie pracy od -200°C do +260°C.

Podstawowe właściwości teflonu to:

- wysoka wytrzymałość mechaniczna,
- odporność na starzenie środowiskowe,
- niski współczynnik tarcia i zużycia,
- wysoka udarność (również w niskich temperaturach),
- wysoka odporność chemiczna,
- dobre własności dielektryczne i antyadhezyjne,
- brak chłonności wody,
- wysoka sprężystość,
- bardzo dobra skrawalność,
- wysoka stabilność wymiarowa.

Oprócz teflonu białego często stosuje się również teflon z dodatkiem węgla. Teflon taki, mający wtedy kolor szary, ma zwiększoną wytrzymałość na ściskanie, maleje jego ścieralność oraz współczynnik rozszerzalności cieplnej.

**POM**

POM, czyli poliacetal, to polimer otrzymywany w wyniku polimeryzacji aldehydów. POM występuje w dwóch odmianach:

- POM-C (czysty kopolimer), w kolorze białym,
- POM-H (homopolimer), w kolorze czarnym.

Właściwości poliacetalu:

- wysoka wytrzymałość mechaniczna i twardość,
- mała zmiana udarności w zakresie temperatur od -40°C do +110°C,
- bardzo dobra stabilność wymiarowa,
- bardzo wysoka sprężystość powrotna,
- bardzo dobra skrawalność,
- niski współczynnik rozszerzalności cieplnej,
- dobre własności ślizgowe.

POM-H ma wyższą wytrzymałość mechaniczną i niższy współczynnik rozszerzalności cieplnej niż POM-C.

Poliacetal bardzo dobrze poddaje się obróbce na automatach tokarskich i dzięki dobrej skrawalności wy-

tworzane z niego uszczelki posiadają minimalną chropowatość powierzchni oraz dużą stabilność wymiarową.

### Analiza norm i przepisów europejskich dotyczących uszczelnień

Podstawowymi normami dotyczącymi wymagań dla uszczelnień stosowanych w kurkach kulowych są aktualnie normy:

- PN-EN 549:2000 *Materiały gumowe na uszczelnienia i membrany stosowane w urządzeniach gazowych i osprzęcie instalacji gazowej.*
- PN-EN 682:2004 *Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dotyczące uszczelki do rur i kształtek stosowanych do przesyłania gazu i węglowodorów płynnych.*

Norma PN-EN 549:2000 jest zharmonizowana z dyrektywą nowego podejścia 90/396/EEC – *Urządzenia spalające paliwa gazowe.* Norma ta dotyczy tylko uszczelnień przeznaczonych do kurków kulowych montowanych w instalacjach domowych. Określa ona wymagania i badania uwzględniające zastosowanie uszczelnień w temperaturach od -20°C do +150°C. Zgodnie z zapisem w normie „w przypadku temperatur niemieszczących się w tych zakresach użytkownik powinien zasięgnąć u producenta opinii o przydatności danego materiału gumowego”. Zakres normy ograniczony do -20°C oraz powyższy zapis wywołują kontrowersje przy prowadzeniu badań kurków, a następnie wystawianiu certyfikatów zgodności. Jest to wynikiem tego, że norma PN-EN 331:2005 *Kurki kulowe i kurki stożkowe z zamkniętym dnem, sterowane ręcznie, przeznaczone dla instalacji gazowych budynków* – dzieli kurki kulowe na trzy klasy temperaturowe, w sposób przedstawiony w tablicy 4.

Przy jednoczesnym zapisie w p. 5.1.16 materiały gumowe powinny być zgodne z PN-EN 549. Certyfikaty zgodności z tą normą wydawane są tylko na zakres temperatur od -20°C, zgodnie z zapisem w punkcie 5, dotyczącym klasyfikacji materiałów gumowych. Klasyfikację tę, prowadzoną według temperatur i twardości, przedstawiono w tablicach 4 i 5.

Certyfikaty zgodności wydawane przez jednostki notyfikowane ograniczają temperaturę ujemną tylko do -20°C. Konieczne jest więc wymaganie deklaracji producenta – potwierdzających, że jego wyroby spełniają wymagania wykraczające poza zakres normy PN-EN 549:2000.

Wymagania dla uszczelnień elastomerowych używanych w kurkach kulowych przeznaczonych do mon-

Tablica 4. Klasy temperaturowe kurków

Klasa	Zakres temperatury
-5°C	od -5°C do +60°C
-20°C	od -20°C do +60°C
-40°C	od -40°C do +60°C

Tablica 5. Klasy temperatur

Klasa	Zakres temperatur roboczych [°C]	
	od	do
A1	0	60
B1	0	80
C1	0	100
D1	0	125
E1	0	150
A2	-20	60
B2	-20	80
C2	-20	100
D2	-20	125
E2	-20	150

Tablica 6. Klasy twardości

Klasa	H1	H2	H3
Zakres twardości nominalnej (IRHD)	≤ 45	od 45 do 60	> 60 do 90

tażu w sieciach gazowych zawarte są w normie PN-EN 682:2004 *Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dotyczące uszczelki do rur i kształtek stosowanych do przesyłania gazu i węglowodorów płynnych.* Norma ta jest zharmonizowana z dyrektywą 89/106/EWG – *Wyroby budowlane* i obejmuje wymagania dla materiałów elastomerowych eksploatowanych w zakresie temperatur od -5°C do +50°C, a w szczególnych przypadkach w zakresie temperatur od -15°C do +50°C. Sytuacja ta stwarza podobne problemy jak przy kurkach kulowych do instalacji gazowych. Ponieważ normy oraz zalecenia aprobatowe dotyczące armatury odcinającej podają zakresy jej pracy od -20°C, a nawet -30°C (-29°C), oprócz certyfikatu zgodności z normą PN-EN 682:2004 producenci muszą wydawać dodatkowo de-

klarację potwierdzającą spełnienie przez ich wyroby wymagań normy. Obecnie nie istnieją normy dotyczące wymagań dla uszczelnień z PTFE i POM-u.

Zapis w normie PN-EN 331:2005 odnośnie uszczelnień innych niż gumowe jest następujący: „Do czasu wydania odpowiedniej normy europejskiej inne niemetalowe materiały uszczelniające (np. włókna sztuczne, grafit) powinny spełniać wymagania tych krajów, w których kurki będą stosowane”.

W normie PN-EN 13774:2004 *Armatura do instalacji dystrybucji gazu na maksymalne ciśnienie robocze mniejsze lub równe 16 bar. Wymagania eksploatacyjne*, w p. 5.2.5 *Uszczelnienia – wymagania*, pojawia się wymaganie: „W przypadku użycia uszczelnień z teflonu, powinien to być teflon czysty (virgin PTFE)”.

Natomiast w innych polskich normach, takich jak:

- PN-EN 14141:2005 *Armatura stosowana w rurociągach do przesyłu gazu ziemnego. Wymagania eksploatacyjne i badania*,
- PN-EN ISO 15761:2005 *Zasuwy stalowe, zawory kulowe i zawory zwrotne o wymiarach równych i mniejszych od DN100 dla przemysłu naftowego i gazowniczego*,

wymagania dotyczące uszczelnień są bardzo ogólne i brzmią: „Uszczelnienia powinny spełniać warunki określone przez zamawiającego i być odporne na medium robocze”. Tak więc w przypadku uszczelnień z tworzyw sztucznych producenci kurków muszą żądać od poddostawców atestów materiałowych, potwierdzających spełnienie ich wymagań.

### **Przeprowadzenie badań kurków kulowych z różnymi uszczelnieniami, w szerokim zakresie ciśnień roboczych i temperatur**

W ramach artykułu przeprowadzono badania dziewięciu kurków kulowych:

1. DN100 – PN63
  - kula ujarzmiona,
  - uszczelnienie kuli: POM,
  - uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
2. DN80 – PN25
  - kula „pływająca”,
  - uszczelnienie kuli: PTFE,
  - uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
3. DN80 – PN40
  - kula „pływająca”,
  - uszczelnienie kuli: PTFE+C,
  - uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
4. DN100 – PN25
  - kula „pływająca”,
  - uszczelnienie kuli: PTFE,
  - uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
5. DN100 – PN40
  - kula „pływająca”,
  - uszczelnienie kuli: PTFE+C,
  - uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
6. DN40 – PN25
  - kula „pływająca”,
  - uszczelnienie kuli: PTFE,

- uszczelnienie trzpienia: NBR,
  - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
7. DN40 – PN63
    - kula „pływająca”,
    - uszczelnienie kuli: PTFE+C,
    - uszczelnienie trzpienia: NBR,
    - zakres temperatur roboczych: od -30°C do +60°C.
  8. DN50 – PN16
    - kula „pływająca”,
    - uszczelnienie kuli: PTFE,
    - uszczelnienie trzpienia: VITON,
    - zakres temperatur roboczych: od -20°C do +60°C.
  9. DN50 – PN20
    - kula „pływająca”,
    - uszczelnienie kuli: PTFE,
    - uszczelnienie trzpienia: NBR, PTFE,
    - zakres temperatur roboczych: od -40°C do +60°C.

#### **Program badań**

Zgodnie z założeniami dokonano sprawdzenia szczelności zewnętrznej i zamknięcia wszystkich kurków w pełnym zakresie deklarowanych ciśnień oraz temperatur roboczych.

Badania prowadzono zgodnie z akredytowanymi procedurami badawczymi, w oparciu o normy:

- PN-EN 12266-1:2007 – A.3 – *Sprawdzenie szczelności zewnętrznej*,
- PN-EN 12266-1:2007 – A.4 – *Sprawdzenie szczelności zamknięcia*.

**Wyniki badań**

Przy przeprowadzaniu badań przyjęto założenie, że w przypadku kurków tych samych typów z różnymi uszczelnieniami nastawiano temperaturę na +40°C, +50°C, +60°C i sprawdzano szczelność, podnosząc ciśnienie do wartości maksymalnej dla danego kurka, a następnie podnosząc je do wartości maksymalnej dla danego typu. W przypadku:

- kurka DN80 – PN25 – stwierdzono nieszczelność przy ciśnieniu próbnym 37 bar i temp. +50°C,
- kurka DN100 – PN25 – stwierdzono nieszczelność przy ciśnieniu próbnym 37 bar i temp. +50°C,
- kurka DN40 – PN25 – stwierdzono nieszczelność

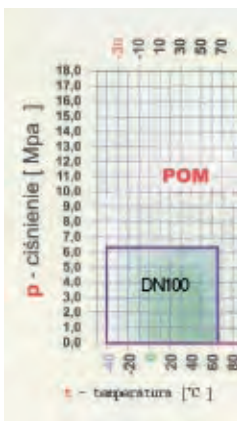
przy ciśnieniu próbnym 35 bar i temp. +50°C.

Pozostałe kurki nie wykazały nieszczelności przy maksymalnym ciśnieniu dopuszczalnym i maksymalnej temperaturze +60°C. Kurki nr 8 i 9 poddano sprawdzeniu szczelności tylko w temperaturach ujemnych, tj. -20°C i -40°C.

Kurek DN50 – PN20 zachował szczelność zewnętrzną w całym zakresie deklarowanych przez producenta temperatur ujemnych, natomiast DN50 – PN16 zachował szczelność zewnętrzną w temperaturze -20°C. Podczas zwiększania temperatury ujemnej stwierdzono nieszczelność w temperaturze -30°C. Wynik badań potwierdził fakt, że VITON może być stosowany tylko w klasie temperaturowej T2, tj. od -20°C.

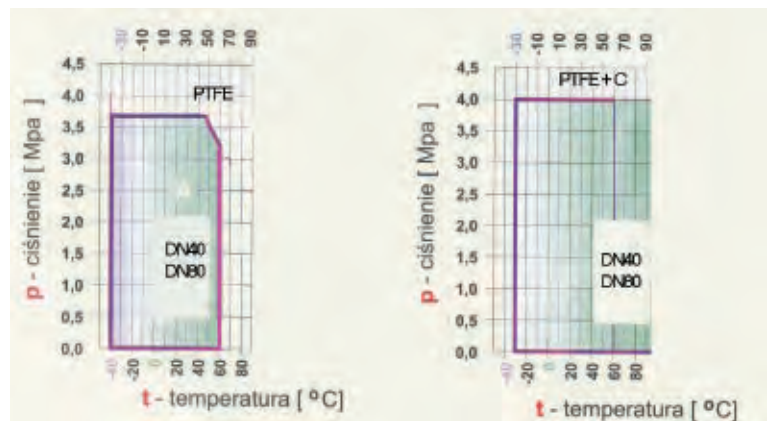
**Opracowanie charakterystyk dla różnych materiałów uszczelniających, przedstawiających zależności ciśnienia roboczego od zwiększającej się temperatury pracy kurka**

Na rysunkach przedstawiono charakterystyki dla materiałów, z których wytwarza się uszczelki kuli: czystego teflonu i teflonu z wypełniaczem (rysunki 1 i 3) oraz poliacetalu (rysunek 2).

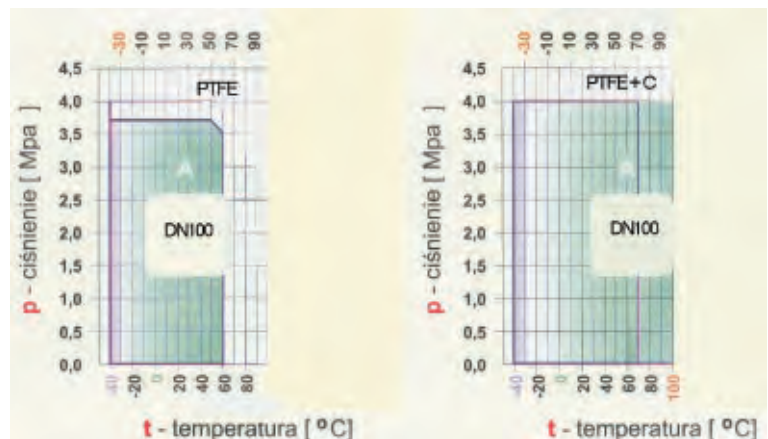


Rys. 2.

Rys. 1.



Rys. 3.



**Wnioski końcowe**

Dobór materiałów uszczelniających stosowanych w kurkach zależy od:

- klasy temperaturowej,
- maksymalnego ciśnienia roboczego,
- konstrukcji.

Aby osiągnąć szczelność trzpienia należy stosować głównie uszczelnienia z materiałów elastomerowych, choć dopuszcza się również stosowanie uszczelnień z teflonu. W celu osiągnięcia szczelności kuli stosuje się uszczelnienie z tworzyw sztucznych.

Uszczelnienia te stosowane są do temperatury +60°C, gdyż taka maksymalna temperatura określona jest aktualnie w normach europejskich. W przypadku wprowadzenia przez normy lub przepisy obligatoryjnie odporności na wyższe temperatury (głównie 650°C) wymagane będą inne uszczelnienia lub inne rozwiązania konstrukcyjne kurków.

Uszczelnienia elastomerowe muszą spełniać wymagania zharmonizowanych norm PN-EN 549:2000 i PN-EN 682:2004 oraz dodatkowo, jeżeli uszczelnienia te posiadają parametry wykraczające poza zakres norm, deklarację producenta potwierdzającą ich przydatność dla zamawiającego.

Oprócz temperatury, duży wpływ na dobór uszczelnień ma również wielkość ciśnienia roboczego, wymiar nominalny i konstrukcja kurków. Kurki kulowe produkowane są z tzw. kulą „pływającą” lub „jarzmioną”.

Kule „pływające” stosuje się najczęściej do wymiarów nominalnych 80-100 mm, a w przypadkach korpusów tłoczonych wyjątkowo do 150 mm. To rozwiązanie konstrukcyjne polega na tym, że obrót kuli realizowany jest za pomocą elementu sterującego, np. uchwytu czy napędu, a kula w dolnej części osadzona jest na

uszczelkach. Powyżej tych wymiarów stosuje się kurki z tzw. kulą „jarzmioną”, czyli sterowane przez trzpień – poprzez element sterujący oraz jarzmiący.

W zależności od sposobu mocowania kuli, zmieniają się funkcje uszczelki oraz naciski, na jakie są one narażone. Wykonanie przez konstruktorów obliczenia nacisków wywieranych przez rosnące ciśnienie na uszczelki jest jedną z podstaw doboru rodzaju uszczelnienia. Jak wynika z doświadczeń konstruktorów, uszczelki w kurkach z kulą „pływającą” podlegają dużo większym naciskom niż w przypadkach kurków z kulą „jarzmioną”.

Biorąc pod uwagę wielkość uszczelki oraz wielkość maksymalnego ciśnienia roboczego, można przyjąć (co potwierdziły również wyniki badań), że:

- czysty teflon powinno się stosować w kurkach z kulą „pływającą” do ciśnień roboczych 25 bar,
- teflon z wypełniaczem (PTFE+C) przeznaczony jest do stosowania w kurkach z kulą „pływającą” i „jarzmioną” do ciśnień roboczych od 25 do 40 bar,
- przy kurkach z kulą „jarzmioną” dla średnic powyżej 100 mm i ciśnieniach roboczych powyżej 40 bar należy stosować poliacetal (POM).

## Literatura

- [1] Katalog uszczelnień INCOVERITAS, Wrocław.
- [2] Katalog firmy ELASTOGUM, Zakład Produkcji Uszczelnień Technicznych, Wrocław.
- [3] Katalog firmy POLIPLEZ, Katowice.
- [4] Katalog firmy NYLONBOR, Sochaczew.
- [5] Poradnik Mechanika, Warszawa 2008.
- [6] PN-EN 549:2000 *Materiały gumowe do uszczelnienia i membrany stosowane w urządzeniach gazowych i osprzęcie instalacji gazowej.*
- [7] PN-EN 682:2004 *Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dotyczące uszczelki do rur i kształtek stosowanych do przesyłania gazu i węglowodorów płynnych.*
- [8] PN-EN 13774:2004 *Armatura do instalacji dystrybucji gazu na maksymalne ciśnienie robocze mniejsze lub równe 16 bar. Wymagania eksploatacyjne.*
- [9] PN-EN 14141:2005 *Armatura stosowana w rurociągach do przesyłu gazu ziemnego. Wymagania eksploatacyjne i badania.*
- [10] PN-EN ISO 15761:2005 *Zasuwy stalowe, zawory kulowe i zawory zwrotne o wymiarach równych i mniejszych od DN100 dla przemysłu naftowego i gazowniczego.*
- [11] PN-EN 12266-1:2007 *Armatura przemysłowa. Badania armatury. Część 1: Próby ciśnieniowe, procedury badawcze i kryteria odbioru. Wymagania obowiązkowe.*
- [12] PN-EN 331:2005 *Kurki kulowe i kurki stożkowe z zamkniętym dnem, sterowane ręcznie, przeznaczone dla instalacji gazowych budynków.*

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński



Mgr inż. Janusz NEIDER – absolwent Wydziału Wiertniczo-Naftowego Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Kierownik Laboratorium Badań Armatury Gazowniczej INiG. Zajmuje się zagadnieniami związanymi z badaniem różnych rodzajów armatury gazowniczej przeznaczonej do montażu w instalacjach i sieciach gazowych.