

Uszczelki w systemach wodociągowych (materiały, dobór, trwałość)

WSTĘP

Od zarania dziejów ludzie dążyli do poprawy warunków życia. Archeolodzy odkrywający ruiny starożytnych miast napotykali w nich pozostałości przewodów doprowadzających wodę pitną i odprowadzających ścieki.

Historię systemów wodociągowych w ciekawy sposób opisali autorzy książki „Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych”. Pierwsze przewody funkcjonowały jako kanały o przepływie grawitacyjnym. Na najstarsze ślady starożytnych kanałów natrafiono podczas badań prowadzonych na terenie dzisiejszej północnej Syrii. Znalaziono tam m.in. ślady kanałów o przekrojach prostokątnych i kołowych (z rur ceramicznych) doprowadzających wodę pitną i odprowadzających ścieki bytowe. Bardzo interesujący system odprowadzania ścieków i wód opadowych rurami z blachy miedzianej odkryto w pobliżu świątyni króla Sahure (2455-2443 p.n.e.)

Kanały ściekowe w miastach sumeryjskich były budowane z rur glinianych bądź murowane z wypalanych cegieł i przykryte prostokątnymi płytami ceramicznymi. Sumeryjskie miasto-państwo Ur (2447 p.n.e.) położone na terenie dzisiejszego południowego Iraku posiadało pełny system kanalizacyjny. W czasach starożytnych w krajach arabskich przewody do transportu wody budowano najczęściej z rur ceramicznych. Ich średnica dochodziła nawet do 1000 mm w świetle.

Około roku 97 p.n.e. Sekstus Julius Frontinus opublikował pracę na temat kutech i lutowanych rur ołowianych. Od tego czasu rozpoczynają się nowe możliwości zaopatrywania miast w wodę. Nie zdawano sobie jednak wówczas sprawy z zagrożeń, jakie niesie woda pitna skażona toksycznym ołowiem. Poszczególne rury łączono ze sobą przez lutowanie.

W Europie w kolejnych wiekach po okresie Wędrówek Ludów (IV-VII w.) zanikła troska o sprawy związane z higieną. Nieczystości wylewano wprost na ulice albo do przydrożnych rowów. W wyniku takich praktyk często wybuchały epidemie. Jedynie klasztory i zamki posiadały kanalizację. Rury w tamtym czasie wykonywano z żeliwa szarego, jednak technologia ich wykonywania była bardzo czasochłonna. Przed wprowadzeniem rur żeliwnych w XV w. bardzo rozpowszechnione były rury drewniane produkowane z przewiercanych pni drzew iglastych, do których łączniki wykonywano z kutego żelaza.

Powstanie nowoczesnych systemów kanalizacyjnych wiązało się z tzw. rewolucją przemysłową i gwałtownym rozwojem miast. W tym okresie kanały o małych średnicach budowano głównie z kamionki, do budowy kanałów o większych przekrojach używano cegły i kamienia. W połowie XIX w. pojawiły się nowe materiały konstrukcyjne – beton i żelbet. Od lat 30. dwudziestego wieku rozpoczęła się ekspansja przewodów z tworzyw sztucznych. Wraz z materiałami wykorzystywanymi do budowy systemów przesyłu wody i ścieków zmieniały się również materiały uszczelniające.

Najstarszym materiałem, z którego wykonywano rury jest kamionka. Dawniej rury kamionkowe układane w wykopach otwartych uszczelniano sznurem konopnym bądź pakułami impregnowanymi substancjami bitumicznymi.

Obecnie, w związku z rozwojem technologii bezwykopowych opracowano inny system rur kamionkowych, którego istotnym elementem są złącza ze stali molibdenowej z uszczelką kauczukowo-elastomerową. Złącza kielichowe rur żeliwnych, również zmodernizowano wprowadzając uszczelnienia gumowe.

Rury polimerobetonowe łączone są żywicą poliestrową zbrojoną włóknem szklanym. Każda rura zaopatrzona jest z jednej strony w złącze, z którym zintegrowana jest uszczelka elastomerowa, która musi spełniać określone wymagania.

Przewody z tworzyw termoplastycznych mogą być łączone techniką zgrzewania, natomiast w przypadku elementów wykonanych z duroplastów np. z tworzywa kompozytowego GRP stosuje się m.in. łączniki z żywicy poliestrowej wzmocnionej włóknem szklanym i zaopatrzone w elastomerowe uszczelki (EPDM).

Elementy gumowe stanowią więc nieodłączną część współczesnych systemów wodociągowych i odpływowych. Są to zazwyczaj uszczelnienia złączy lub okładziny rur mające zapobiegać korozji. Muszą one zapewnić trwałość i szczelność wodociągu czy systemu odpływowego przez wiele lat, dlatego powinny spełniać szereg wymagań.

W zasadzie istnieje tylko jedna norma dotycząca uszczelnień respektowana na terenie wszystkich krajów europejskich, którą jest EN 681-1 zatytułowana „Uszczelnienia z elastomerów. Wymagania materiałowe dla uszczelnień złączy rur wodociągowych i odwadniających. Część 1: Guma”. Jej postanowienia odnoszą się do uszczelnień rur wykonanych z różnych materiałów wśród których znajdują się m. in. tworzywa sztuczne i tworzywa sztuczne wzmocnione włóknem szklanym.

MATERIAŁY, DOBÓR, TRWAŁOŚĆ

Właściwości elastomerów, trwałość wyrobów pozostających w kontakcie z różnymi mediami, zależą przede wszystkim od ich budowy cząsteczkowej.

Kauczuki zbudowane są z długich, splątanych ze sobą makrocząsteczek, które nieustannie drgają. W wyniku wulkanizacji zostają one połączone poprzecznymi wiązaniami chemicznymi, ruch całych makrocząsteczek zostaje ograniczony, a skutkiem tego jest zjawisko sprężystości. W nowo powstałej strukturze występuje ok. 10% wolnej przestrzeni, co zapewnia pożądaną elastyczność gumy.

Z drugiej strony, wolne przestrzenie umożliwiają wnikanie mediów do wnętrza materiału i odpowiadają za występowanie niepożądanych zjawisk – relaksacji naprężeń i pęcznienia, skraccających czas eksploatacji wyrobów gumowych.

Wyroby gumowe, w tym uszczelnienia złączy systemów wodociągowych i kanalizacyjnych, charakteryzowane są przez szereg parametrów. Podstawowymi i powszechnie oznaczanymi w specjalistycznych laboratoriach są: twardość, wytrzymałość na rozciąganie, wydłużenie przy zerwaniu, wytrzymałość na rozdzieranie, odkształcenie trwałe po ścisnieniu, czy odporność na ozon i zmiana objętości w wodzie (lub oleju).

Często, w celu oszacowania zmian właściwości fizyko-chemicznych, wyroby gumowe bada się w trakcie całego okresu eksploatacji. Taki sposób postępowania wiąże się jednak z wysokimi kosztami i jest czasochłonny, dlatego bada się próbki poddane przyśpieszonemu starzeniu (w podwyższonej temperaturze lub agresywnym środowisku), zaś wyniki badań stosuje się w odpowiednich technikach przewidywania czasu eksploatacji.

Jak już wspomniano, guma nie jest całkowicie odporna na chemikalia i czynniki środowiskowe, ze względu na swoją budowę wewnętrzną. W zależności od rodzaju użytego kauczuku, wyroby mogą mieć znaczną odporność na określone czynniki. Ciecze organiczne mogą osłabiać nie tylko oddziaływanie chemiczne w materiale powodując pęcznienie, ale również niszczyć gumę chemicznie (powodując np. degradację makrocząsteczek kauczuku). Silnie napęczniała guma jest zbyt słaba do zastosowań praktycznych, a zmiany chemiczne mogą wywołać efekt synergiczny.

Poszukując odpowiedniego kauczuku należy mieć na uwadze skład chemiczny mediów, w których eksploatowany będzie wyrób.

W przypadku złączy rur wodociągowych medium mającym kontakt z uszczelką jest woda i odporność na oleje mineralne, zwierzęce, czy roślinne, jak również chemikalia, nie ma znaczenia. Odporność na różnego rodzaju substancje chemiczne może wiązać się jednak z trwałością systemów odwadniających, kanalizacyjnych i odprowadzających wodę deszczową (np. z dróg).

Istotną właściwością gumy stosowanej w uszczelnieniach jest odporność na środki dezynfekujące (bardziej ogólnie: czynniki utleniające), który wykorzystuje się w systemach wodociągowych. Zbyt niska odporność na tego typu substancje może znacznie skrócić żywotność uszczelnień.. Można jednak kontrolować tę właściwość poprzez stosowanie odpowiednich przeciwutleniaczy.

Przy doborze materiału na uszczelnienia gumowe rozpatruje się ponadto następujące właściwości:

1. odporność na ścieranie i wtłaczanie w szczelinę;
2. zakres temperatur;
3. zdolność do regeneracji dynamicznej – wyrażoną w postaci trwałego odkształcenia przy ściskaniu, relaksacji naprężeń i odbojności.

Wtłaczanie w szczelinę, związane ze zbyt dużym odkształceniem, może być przyczyną niewłaściwego montażu, nadmiernego odkształcenia uszczelki i powstawania pęknięć na jej powierzchni.

W przypadku uszczelnień gumowych podawanych cyklicznym zmianom temperatury podczas eksploatacji, może się zdarzyć, że następują zmiany wymiarów, które powodują nieszczelność. Jest to istotnie ważne, gdy wyroby gumowe pracują w temperaturze bliskiej temperaturze zeszklenia (T_g) elastomeru, w której przechodzi on gwałtownie w stan szklisty stając się kruchym. W tej postaci nie nadaje się do zastosowań inżynierskich.

Z drugiej strony, w podwyższonej temperaturze, w gumie zachodzą procesy związane z niestabilnością zespołu sieciującego, co powoduje wzrost twardości i sztywności gumy w całej objętości i prowadzi do powstawania spękań.

W tabeli 1 zestawiono elastomery wykorzystywane w mieszankach kauczukowych dla uszczelnień technicznych, charakterystyczne właściwości gumy oraz zakresy temperatur pracy ciągłej uszczelnień.

Tabela 1. Elastomery stosowane w mieszankach kauczukowych dla uszczelnień technicznych

Elastomer	Symbol	Właściwości gumy	Zakres temperatury pracy ciągłej uszczelnień [°C]
Kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy	NBR	Duża odporność na oleje mineralne, smary, paliwa, wodę, glikol etylenowy; odporność na starzenie cieplne	-40 do +100
Kauczuk chloroprenowy	CR	Duża odporność na ozon i warunki atmosferyczne; średnia odporność na oleje mineralne	-40 do +100
Kauczuk akrylowy	ACM	Odporność na oleje mineralne i smary	-20 do +150
Kauczuk silikonowy	MVQ	Średnia odporność na oleje mineralne	-60 do 200
Kauczuk fluorosilikonowy	MFQ	Duża odporność na oleje mineralne	-60 do +180
Kauczuk fluorowy	FPM	Odporność na chemikalia, duże odkształcenie trwałe przy ściskaniu	-20 do +200
Poliuretan	AU	Duża wytrzymałość mechaniczna; wysoka odporność na ścieranie i oleje mineralne	-40 do +90
Kauczuk epichlorohydrynowy	ECO	Odporność na oleje mineralne, zwierzęce i roślinne, smary, węglowodory alifatyczne, paliwa	-40 do +130
Polietylen chlorosulfonowany	CSM	Duża odporność na starzenie cieplne i ozonowe; odporność na oleje i słabe kwasy	-40 do +120
Kauczuk naturalny	NR	Odporność na oleje zwierzęce i roślinne, wodę, glikole; brak odporności na oleje mineralne	-60 do +70
Kauczuk butadienowo-styrenowy	SBR	Odporność na oleje syntetyczne, zwierzęce i roślinne, wodę, glikole; brak odporności na oleje mineralne	-50 do +90
Kauczuk etylenowo-propylenowy	EPDM	Duża odporność na starzenie, odporność na estry kwasu fosforowego; brak odporności na oleje mineralne	-50 do +130
Kauczuk butylowy	IIR	Odporność na estry kwasu fosforowego, rozcieńczone kwasy, mała przepuszczalność gazów	-40 do +130

W przypadku uszczelnień, bardzo ważnym zagadnieniem jest zdolność do regeneracji dynamicznej. Ściśnięte wstępnie uszczelnienie elastomerowe traci bowiem siłę uszczelniającą w wyniku skurczu termicznego (w niskiej temperaturze o-ring kurczy się bardziej niż obudowa, w której jest zamocowany), jak również na skutek zmniejszania się naprężeń w odkształconej gumie w miarę upływu czasu (relaksacja naprężeń). Jeśli naprężenie uszczelniające spadnie do zera, wówczas uszczelka przestaje spełniać swoją funkcję.

Szybkość zmian powstających w uszczelnieniu na skutek relaksacji jest trudna do oszacowania, choć wiadomo, że fizyczna relaksacja naprężeń jest proporcjonalna do logarytmu czasu. Pod uwagę trzeba brać jednocześnie zmiany chemiczne zachodzące w gumie, które przebiegają proporcjonalnie do czasu.

W przypadku uszczelnień można więc zdefiniować pewne rodzaje uszkodzeń krytycznych, które były już poniekąd wymienione, a które należy rozpatrywać przy szacowaniu czasu eksploatacji. Są to:

- wzrost lub spadek sztywności poza wartość graniczną
- powstawanie spękań powierzchniowych
- osłabienie w wyniku działania mediów
- utrata sprężystości w wyniku relaksacji naprężeń
- wtłaczanie w szczeliny.

Najlepszą metodą oszacowania czasu eksploatacji jest przeprowadzenie badań przyspieszonych. W takim przypadku należy jednak dokładnie zaplanować doświadczenie, aby uwzględnić wszystkie mechanizmy niszczenia wyrobu.

Literatura:

1. „Konstrukcje przewodów kanalizacyjnych” C. Madryas, A. Kolonko, L. Wysocki, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002
2. „Poradnik technologa gumy”, polski przekład "Rubber Technologist's Handbook", wyd. RAPRA Technology Limited, pod red. J.R. White i S.K. De; I wydanie w 2001 r.; polska wersja - czerwiec 2003, Instytut Przemysłu Gumowego "Stomil", Piastów
3. „Guma; Poradnik Inżyniera i Technika” wyd. 2 popr. i uaktual., praca zbiorowa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1981
4. Polski Komitet Normalizacyjny, Uszczelnienia z elastomerów; Wymagania materiałowe dla uszczelki złączy rur wodociągowych i odwadniających. Część 1: Guma, PN-EN 681-1, PKN (2002)