

Anna MŁYŃSKA, Michał ZIELINA\*

## **ANALIZA POWŁOK POLIURETANOWYCH STOSOWANYCH DO ZABEZPIECZANIA WEWNĘTRZNYCH POWIERZCHNI PRZEWODÓW WODOCIĄGOWYCH**

Do zabezpieczenia wewnętrznych powierzchni przewodów wodociągowych przed korozją coraz częściej popularne stają się powłoki poliuretanowe, co z pewnością wynika z wielu ich zalet. Pomimo tego, iż w przeciwieństwie do powłok cementowych nie zapewniają one czynnej ochrony antykorozyjnej, to jednak żywice poliuretanowe charakteryzują się natychmiastowym czasem wiązania, co powoduje, że odnawiany tą metodą rurociąg może zostać bardzo szybko przywrócony do ponownej eksploatacji. Ponadto, grubość naniesionej poliuretanowej warstwy ochronnej jest dużo mniejsza niż w przypadku wykładzin cementowych. Innymi właściwościami poliuretanów, które wpływają na wzrastającą powszechność ich stosowania jest m.in. bardzo dobra przyczepność do stali i żeliwa, a także duża wytrzymałość mechaniczna i odporność chemiczna. Biorąc pod uwagę fakt, że powłoki poliuretanowe stają się alternatywą do powszechnie stosowanych powłok cementowych, bardzo istotna jest także analiza ich wpływu na jakość wody. Wyniki przeprowadzonych dotychczas badań wskazują, że powłoki poliuretanowe powodują obniżenie wartości pH wody i przyczyniają się do pojawienia się w wodzie zanieczyszczeń organicznych w początkowym okresie kontaktu poliuretanu z wodą. Nie odnotowuje się natomiast zagrożenia przenikania substancji toksycznych z powłok poliuretanowych do wody.

### **1. WPROWADZENIE**

Wśród bezwykopowych metod renowacji przewodów wodociągowych wyróżnia się wiele technik, jednak jednymi z częściej stosowanych są technologie natryskowe, polegające na naniesieniu na wewnętrzną powierzchnię dokładnie oczyszczonego rurociągu odpowiedniego materiału ochronnego w postaci wyprawy cementowej, żywicy epoksydowej lub żywicy poliuretanowej. Zdecydowanie najbardziej popularnym i sprawdzonym jest stosowany już od kilkadziesiątu lat natrysk z wyprawy cementowej, który

---

\* Politechnika Krakowska im. T. Kościuszki, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Zaopatrzenia w Wodę i Ochrony Środowiska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, a.mlynska13@gmail.com, mziel@vistula.wis.pk.edu.pl.

stanowi doskonałe zabezpieczenie rurociągów stalowych i żeliwnych przed procesem korozji. Działanie ochronne powłoki wykonanej na bazie cementu obejmuje nie tylko ochronę bierną, ale wyróżniającą ją także spośród innych metod odnowy ochronę czynną oraz zdolność do samoregeneracji [12, 14, 16]. Powłoki epoksydowe i poliuretanowe również uznaje się za doskonałe zabezpieczenie rurociągów przed korozją, jednak stanowią one jedynie barierę mechaniczną oddzielającą ścianę rurociągu od wody [4]. Pomimo tego, iż cementowanie dodatkowo uznawane jest za najtańszą z technik renowacji, zauważa się jednak, że coraz częściej wykorzystywane są natryski wykonane na bazie żywic poliuretanowych, co zapewne spowodowane jest wieloma ich zaletami. Za największą zaletę tej metody należy uznać natychmiastowe wiązanie składników poliuretanu oraz minimalną grubość stosowanej warstwy ochronnej, rzędu 1 mm [9]. W przypadku wykładzin cementowych czas wiązania i dojrzewania materiału trwa zdecydowanie dłużej – zwykle wynosi 24 godziny, co przyczynia się do dłuższego czasu wyłączenia z eksploatacji rurociągu odnawianego tą metodą [1, 3], natomiast grubość powłoki cementowej uzależniona od średnicy i rodzaju materiału, z którego wykonany jest przewód wodociągowy wynosi od 3 do 10 mm [19]. Rozpatrując wpływ powłok zabezpieczających wnętrza rurociągów przed korozją na jakość kontaktującej się z nimi wody, przeprowadzone badania [5, 22, 23] dowodzą, że wykładziny cementowe przyczyniają się m.in. do zwiększania wartości pH wody (dotyczy to przede wszystkim wód miękkich) oraz do wzrostu koncentracji glinu na skutek wymycia go z warstwy ochronnej. Ponadto, w związku z istniejącym zagrożeniem wymywania z powłok cementowych do wody szczególnie niebezpiecznych metali ciężkich, takich jak chrom, ołów, czy kadm, będących składnikami cementu przeprowadzone zostały także badania pod tym kątem [5, 13, 23].

Biorąc pod uwagę fakt, iż zastosowanie powłok poliuretanowych do antykorozyjnej ochrony rurociągów staje się alternatywą do powszechnie stosowanych wykładzin cementowych, w niniejszej pracy przedstawiono charakterystykę powłok wykonanych na bazie żywic poliuretanowych. Ponadto, dokonano przeglądu wyników przeprowadzonych dotychczas badań dotyczących wpływu tychże powłok na ewentualne zmiany parametrów jakościowych wody, bowiem poddając renowacji system dystrybucji należy mieć na uwadze nie tylko aspekty techniczne czy ekonomiczne wybranej metody renowacji, ale także jej wpływ na jakość wody dostarczanej do odbiorców.

## 2. CHARAKTERYSTYKA POWŁOK POLIURETANOWYCH

### 2.1. SKŁAD I WŁAŚCIWOŚCI POLIURETANÓW

Poliuretany są bardzo powszechnie stosowanymi tworzywami sztucznymi z uwagi na ich dobre właściwości mechaniczne oraz odporność na działanie różnego rodzaju szkodliwych czynników. Są to duroplasty, czyli polimerowe tworzywa utwardzalne,

które pod wpływem działania podwyższonej temperatury lub czynników chemicznych w sposób nieodwracalny przechodzą ze stanu plastycznego w stan utwardzony. Do wykonania powłoki antykorozyjnej wykorzystywane są poliuretany dwukomponentowe, których pierwszym składnikiem są izocyjaniany, a drugim poliiole. W wyniku zmieszania tych dwóch komponentów w stosunku 1:1 powstaje tzw. żywica poliuretanowa. Poliuretany zawierają w łańcuchu głównym grupy uretanowe i powstają w wyniku addycyjnej polimeryzacji, czyli łączenia izocyjanianów z poliolami. Izocyjaniany są to związki, których grupy izocyjanianowe posiadają skumulowane wiązania podwójne ( $-N=C=O$ ) i w powstałym wiązaniu uretanowym stanowią sztywne segmenty, natomiast poliiole są związkami polihydroksylowymi, które zawierają grupy wodorotlenowe ( $-OH$ ) łączące się z alifatycznymi atomami węgla. Dzięki swym właściwościom nadają poliuretanowi miękkość i elastyczność oraz odporność na działanie niskich temperatur. W skład poliuretanu wchodzi także substancje powierzchniowo czynne, związki sieciujące, pigmenty oraz wypełniacze [7–9, 17, 18, 24].

Wzrastająca popularność stosowanych powłok wykonanych na bazie żywic poliuretanowych do zabezpieczania wewnętrznych powierzchni rurociągów przed korozją wynika z ich następujących właściwości [2, 7–9, 15, 18, 20]:

- bardzo szybki czas utwardzania – proces wstępnego wiązania trwa mniej niż 2 minuty, natomiast czas całkowitego utwardzenia wynosi około 10 minut, co w przypadku renowacji przewodów wodociągowych ma bardzo istotne znaczenie, bowiem odnawiany rurociąg zostaje wyłączony z eksploatacji na krótki okres czasu i może zostać włączony ponownie do pracy nawet tego samego dnia,
- zdolność do utwardzania nawet w niskich temperaturach,
- minimalna grubość stosowanej warstwy ochronnej nie powodująca nadmiernej redukcji średnicy wewnętrznej rurociągu; dla przewodów stalowych wynosi 0,5 mm, dla przewodów żeliwnych 1 mm,
- gładkość uzyskanej powierzchni ochronnej,
- bardzo dobra przyczepność do stali i żeliwa, a także do innego rodzaju podłoża,
- duża wytrzymałość mechaniczna, w szczególności niewielka ścieralność oraz odporność na uderzenia i wgniatanie,
- wysoka twardość przy jednoczesnym zachowaniu elastyczności,
- duża odporność chemiczna na działanie rozpuszczalników organicznych, kwasów i zasad,
- odporność na promieniowanie UV,
- odporność na działanie wody,
- powłoka poliuretanowa stanowi całkowicie nieprzepuszczalną dla wody warstwę,
- mniejsza toksyczność poliuretanów w porównaniu z epoksydami.

## 2.2. TECHNOLOGIA ZABEZPIECZANIA PRZEWODÓW WODOCIĄGOWYCH WEWNĘTRZNĄ POWŁOKĄ POLIURETANOWĄ

Ochronne powłoki poliuretanowe cechują się wspomnianą już wcześniej doskonałą przyczepnością do stali, jednak aby osiągnąć taki efekt przed przystąpieniem do natrysku powierzchnię stalową należy dokładnie oczyścić z wszelkich zanieczyszczeń, smarów i olejów. Dodatkowo należy zwrócić uwagę, aby natryskiwana powierzchnia była sucha. Co prawda woda jest rozpuszczalna w polioliach i między tymi składnikami nie zachodzi widoczna reakcja, jednakże w momencie, gdy nasycone wodą poliole wchodzi w reakcję z izocyjanianami wydziela się dwutlenek węgla, który powoduje powstanie pęcherzyków powietrza w powłoce poliuretanowej. Przyczynia się to do pogorszenia fizycznych i chemicznych właściwości powłoki ochronnej, efektem czego jest uzyskanie matowej powierzchni, przypominającej swą strukturą powierzchnię skórki pomarańczowej. Właściwie wykonana powłoka poliuretanowa powinna być gładka i powinna posiadać jednolity połysk [8, 10].

Do nanoszenia powłoki poliuretanowej wewnątrz rurociągu wykorzystuje się sprzęt natryskujący, którego głównymi elementami są obrotowa głowica natryskująca napędzana pneumatycznie, wyposażona w odpowiednią ilość dysz rozpraszających aplikowaną warstwę ochronną oraz komora mieszania. Urządzenie natryskujące posadzone na stalowych ślizgaczach przemieszczane jest wzdłuż rurociągu na skutek przeciągania go przy użyciu liny. Bardzo ważnym elementem systemu są dwa osobne pojemniki, w których znajdują się natryskiwane komponenty żywicy poliuretanowej. Składniki te najpierw osobno przepompowywane są do komory mieszania, w której następuje ich intensywne łączenie, a następnie przekazywane są do głowicy natryskującej. Materiał przepływający pomiędzy komorą mieszania a głowicą natryskującą poddawany jest reakcjom, w wyniku których zwiększona zostaje jego lepkość, zapobiegająca zsuwaniu się zaaplikowanej żywicy ze ścian rurociągu. Grubość nanoszonej warstwy ochronnej może być regulowana poprzez dostosowanie ilości przepompowywanych komponentów do urządzenia natryskującego, prędkości jego przemieszczania się wzdłuż przewodu, a także prędkości obrotowej głowicy. Dodatkowo system wyposażony jest w kamerę TV, za pomocą której kontroluje się przebieg procesu. Bezpośrednio po jego zakończeniu urządzenie musi zostać dokładnie wyczyszczone, celem uniknięcia zanieczyszczenia szybko utwardzalną żywicą poliuretanową poszczególnych elementów wchodzących w skład systemu natryskującego. Odnowiony przy użyciu tej techniki rurociąg może zostać oddany do ponownego użytku po upływie 24 godzin od chwili zakończenia prac [2, 25].

### 2.3. ASPKETY EKONOMICZNE

Całkowita, rzeczywista wielkość kosztów poniesionych w ramach zabezpieczenia przewodów wodociągowych powłoką poliuretanową, decydująca o opłacalności stosowania tej technologii, jest sumą takich elementów jak: koszty materiałów, koszty aplikacji (wykonania), koszty utrzymania oraz tzw. „ukryte” koszty.

Koszty materiałów wykorzystywanych do wykonania powłok poliuretanowych są nieco większe niż w przypadku wykonywania epoksydowych warstw ochronnych oraz dużo większe od materiałów stosowanych do cementowania przewodów wodociągowych. Jednakże w porównaniu z innymi metodami, koszty wykonania powłok poliuretanowych są znacznie niższe. Na ich całkowitą wielkość wpływają następujące czynniki:

- aplikacja jednej, bardzo cienkiej warstwy szybko utwardzalnego poliuretanu,
- możliwość wykonywania powłok poliuretanowych w warunkach bardzo niskiej temperatury,
- szybkie tempo wykonywanych natrysków – pokrycie warstwą ochronną dużych powierzchni w krótkim czasie,
- możliwość szybkiego powrotu rurociągu do ponownej eksploatacji po zabiegu renowacji.

Z kolei koszty utrzymania bezpośrednio związane są z wykonaniem powłok poliuretanowych. W porównaniu z powłokami cementowymi czy epoksydowymi warstwy poliuretanowe cechują się dobrymi właściwościami i wysoką jakością wykonania m.in. niewielką ścieralnością oraz bardzo dobrą przyczepnością do materiału, co z kolei wpływa na długotrwałą ochronę przed korozją. Dzięki tym cechom koszty, o których mowa są znacznie niższe. Natomiast tzw. „ukryte” koszty związane z zastosowaniem powłok poliuretanowych dotyczą np. wydajności pracy pomp w systemie dystrybucji wody. Mianowicie, dzięki temu, że powłoki poliuretanowe charakteryzują się dużo większą odpornością na ścieranie i gładszą powierzchnią niż wykładziny cementowe, w systemie z wewnętrzną powłoką poliuretanową wydajność pracy pomp jest znacznie wyższa, a to z kolei zmniejsza koszty operacyjne [9, 10].

Z przeprowadzonej analizy rzeczywistych kosztów poniesionych w ramach zabezpieczenia przewodów wodociągowych powłokami poliuretanowymi wynika, że wysokie koszty materiałów stosowanych w tej technologii mogą zostać zrekomensowane stosunkowo niskimi kosztami wykonania oraz kosztami utrzymania takich powłok, co może wskazywać na opłacalność ich stosowania.

### 3. WPŁYW POWŁOK POLIURETANOWYCH NA JAKOŚĆ WODY

Kontrola jakości wody w systemie wodociągowym poddanym renowacji z wykorzystaniem powłok ochronnych jest jednym z ważniejszych elementów przed oddaniem odnowionych rurociągów do eksploatacji. Obejmuje ona m.in. monitoring wskaźników mikrobiologicznych, organoleptycznych, a także zawartości obecnych w wodzie związków organicznych i nieorganicznych. Jakość wody jest zatem decydującym aspektem w kwestii gotowości systemu do ponownej pracy [7].

W literaturze [5, 6, 11, 21] istnieją doniesienia, w których wykazano wpływ wykładzin poliuretanowych na pH wody i na zawartość związków organicznych wyrażanych przez zawartość ogólnego węgla organicznego (OWO) oraz przez wielkość chemicznego zapotrzebowania na tlen (ChZT), a także na zasadowość wody i koncentrację związków toksycznych. Z przeprowadzonych dotychczas badań [5, 6, 11, 21] wynika, że powłoki poliuretanowe przyczyniają się do zmniejszenia pH wody z wielkości na poziomie 7 – 8 do około 6, co prawdopodobnie spowodowane jest zachodzącymi reakcjami pomiędzy izocyjanianami a wodą. Wyniki tych badań wskazują również na to, że powłoki poliuretanowe powodują wydzielanie się do wody zanieczyszczeń organicznych. Odnotowano, że zawartości ogólnego węgla organicznego (OWO) [5, 11, 21] oraz ChZT [21] w wodzie w początkowym okresie kontaktu z poliuretanem, w przeciągu pierwszych kilku dób ulegają zwiększeniu, a następnie zmniejszeniu w kolejnych dniach prowadzonych pomiarów do zbliżonych wartości, które zostały odnotowane w kontrolnych próbkach wody. Jedynie w przypadku badań przeprowadzonych przez Donaldson i Whelton'a [6] wielkości OWO i ChZT przez trwający 15 dni okres testowania pozostawały na podwyższonym poziomie. Ponadto, stwierdzono, że izocyjaniany jako jeden ze składników poliuretanów nie stanowią zagrożenia dla jakości wody – w każdej z poddanej analizie próbie wody koncentracja tego związku pozostawała poniżej detekcji [6]. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów [5] nie wskazują na występowanie zagrożenia wymywania z powłok poliuretanowych do wody pierwiastków chemicznych takich jak glin, żelazo, cynk, fosfor, czy siarka w ilościach przekraczających dopuszczalne ich stężenie w wodzie przeznaczonej do spożycia. Z przeprowadzonych badań pod kątem wpływu powłok poliuretanowych na zasadowość wody wynika, że poliuretan nie oddziałuje na zmiany tego parametru [5, 21].

### 4. PODSUMOWANIE

Zastosowanie powłok poliuretanowych nie bez powodu zasługuje na uwagę jako alternatywna metoda antykorozyjnego zabezpieczenia rurociągów przed korozją. Szereg doskonałych właściwości żywic poliuretanowych m.in. takich jak bardzo szybki czas utwardzania, duża wytrzymałość mechaniczna i odporność chemiczna, bardzo dobra

przyczepność do powierzchni stalowych i żeliwnych powoduje, że materiał ten cieszy się coraz większym zainteresowaniem. Powszechnie istniejące przekonanie, że renowacja z zastosowaniem powłok poliuretanowych jest kosztownym przedsięwzięciem nie jest do końca słuszne. Co prawda, koszty wykorzystywanych materiałów są większe niż w przypadku tych stosowanych do renowacji wykładzinami cementowymi i epoksydowymi, jednakże koszty samego wykonania powłok z poliuretanu czy wielkość nakładów finansowych przeznaczonych na eksploatację systemu dystrybucji wody z wewnętrzną powłoką poliuretanową są niewielkie. Ponadto, nie odnotowuje się niebezpiecznego oddziaływania powłok poliuretanowych na parametry jakościowe wody. W przeciwieństwie do wykładzin cementowych powłoki poliuretanowe powodują nie wzrost, a spadek wartości pH wody do około 6. Zauważa się, że w początkowej fazie kontaktu poliuretanu z wodą następuje wydzielanie zanieczyszczeń organicznych. Również istotny jest fakt, że poliuretan nie powoduje nadmiernego wzrostu stężenia zanieczyszczeń nieorganicznych w wodzie w postaci pierwiastków chemicznych i innych związków toksycznych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że powłoki poliuretanowe posiadają dużo zalet, zarówno w aspekcie technicznym, ekonomicznym, a także mając na uwadze ich wpływ na jakość wody. Wszystkie te aspekty powinny skłaniać ku rozpowszechnianiu technologii natryskowych z wykorzystaniem żywic poliuretanowych jako jednej z alternatyw antykorozyjnej ochrony przewodów sieci wodociągowych.

#### LITERATURA

- [1] AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, *Rehabilitation of water mains*, Manual of Water Supply Practices: AWWA Manual M28, Denver 2001, 24–25.
- [2] BŁASZCZYK P., CIELENKIEWICZ T., KŁOSS-TREBACZKIEWICZ H., KWIETNIEWSKI M., NOWAKOWSKA-BŁASZCZYK A., OSUCH-PAJDIŃSKA E., ROMAN M., ŚLIWOWSKA M.A., ZAKRZEWSKI J., *Poradnik: diagnostyka i wybór optymalnych metod modernizacji i przebudowy komunalnych wodociągów i kanalizacji*, Część I, Centralny Ośrodek Badawczo – Rozwojowy Budownictwa Inżynierskiego „Hydrobudowa”, Warszawa 1996, 99–100.
- [3] BONDS R.W., *Cement – mortar linings for ductile iron pipe*, Ductile Iron Pipe Research Association (DIPRA), report DIP-CML/3-05/3,5M, Alabama, USA 2005.
- [4] DĄBROWSKI W., ŻUCHOWSKI D. *Powłoki cementowe jako wewnętrzne zabezpieczenie rurociągów przed korozją*, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, 2013, No. 9, 371–375.
- [5] DEB A., McCAMMON S.B., SNYDER J., DIETRICH A., *Impacts of lining materials on water quality*, Water Research Foundation, Denver 2010.
- [6] DONALDSON B.M., WHELTON A.J., *Water quality implications of culvert repair options: cementitious and polyurea spray-on liners*, Virginia Center for Transportation Innovation and Research, Final Report, Virginia 2012.
- [7] ELLISON D., SEVER F., ORAM P., LOVINS W., ROMER A., DURANCEAU S.J., BELL G., *Global review of spray-on structural lining technologies*, Water Research Foundation and U.S. Environmental Protection Agency, Denver 2010.
- [8] GRABOWSKI P., *Antykorozyjne izolacje poliuretanowe*, Rurociągi, 2004, No. 2–3, 36.

- [9] GUAN S.W., *100% solids polyurethane coatings technology for corrosion protection in water and wastewater systems*, 9<sup>th</sup> Middle East Corrosion Conference, February 12–14, 2001, Manama, Bahrain.
- [10] GUAN S.W., *The selection, application and inspection of 100% solids polyurethane coatings for corrosion protection*, The Proceedings of SSPC 2000 the Industrial Protective Coatings Conference, November 12–16, 2000, Nashville, Tennessee.
- [11] JOHNSON H., *Determination of the influence of polyurethane lining on potable water quality*, Master's Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg 2008.
- [12] KOLONKO A., *Doświadczenia z renowacji rurociągów stalowych i żeliwnych metodą cementacji*, Gaz, woda i technika sanitarna, 2001, No. 7, 242–250.
- [13] KOWALSKA B., KOWALSKI D., KWIETNIEWSKI M., MISZTA-KRUK K., CHUDZICKI J., *Badania zawartości jonów metali ciężkich w wodzie kontaktującej się z wykładziną cementową rur wodociągowych*, Ochrona Środowiska, 2011, Vol. 3, No. 4, 41–45.
- [14] KRAJEWSKI M., *Ochrona z zaprawy cementowej*, Nowoczesne budownictwo inżynieryjne, 2007, No. 2, 44–46.
- [15] KULICZKOWSKA E., STARNAWSKA K., *Bezwykopowa renowacja przewodów wodociągowych z zastosowaniem żywic poliuretanowych*, Instal, 2011, No. 7–8, 68–71.
- [16] KULICZKOWSKI A., *Technologie bezwykopowe w inżynierii środowiska*, pod red. A. Kuliczkowskiego, Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa 2010.
- [17] PARZUCHOWSKI P., SZYMAŃSKA A., *Pianki poliuretanowe*, [http://reaktor.ch.pw.edu.pl/~ppa-rzuch/ids/pianki\\_PUR.pdf](http://reaktor.ch.pw.edu.pl/~ppa-rzuch/ids/pianki_PUR.pdf).
- [18] PIENIĄŻEK W., *Powłoki przeciwkorozyjne nakładane w stanie ciekłym na rurociągi. Cz. II Powłoki poliuretanowe (PU)*, Ochrona przed korozją, 2006, No. 2, 42–45.
- [19] PN-92/H-74108, *Rury z żeliwa sferoidalnego dla rurociągów ciśnieniowych i beciśnieniowych – Wykładzina z zaprawy cementowej nakładanej odśrodkowo – Wymagania ogólne*, 1992.
- [20] WALKER D., GUAN S.W., *Protective linings for steel pipe in potable water service*, NACE Northern Area International Conference Corrosion Prevention'97, November 10–11, 1997, Toronto, Ontario.
- [21] WHELTON A.J., SALEHI M., TABOR M., DONALDSON B., ESTABA J., *Impact of infrastructure coating materials on storm–water quality: Review and experimental study*, Environmental Engineering, 2013, Vol. 139, No. 5, 746–756.
- [22] ZIELINA M., DĄBROWSKI W., RADZISZEWSKA-ZIELINA E., GŁÓD K., *Wpływ cementowania przewodów wodociągowych na jakość wody do picia*, Instal, 2014, No. 12, 65–68.
- [23] ZIELINA M., MŁYŃSKA A., ŻABA T., *Przenikanie zanieczyszczeń z wyprawy cementowej do wody pitnej w przewodach wodociągowych po cementowaniu*, Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód, PZITS Poznań, Poznań, Toruń 2014, 535–544.
- [24] ŻELAŻIŃSKI J., *A jak zagospodarować zużyty poliuretan?* Plast News, 2012, No. 2, 10–12.
- [25] [www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/renovation-en/coating-measures-en/spray-lining-process-en/spray-lining-with-reaction-resin-mortar-en/csl-polyspray-process-en](http://www.unitracc.com/know-how/fachbuecher/rehabilitation-and-maintenance-of-drains-and-sewers/rehabilitation/renovation-en/coating-measures-en/spray-lining-process-en/spray-lining-with-reaction-resin-mortar-en/csl-polyspray-process-en).

## ANALYSIS OF THE POLYURETHANE COATINGS USED FOR INTERNAL WATER PIPES SURFACE PROTECTION

To protect the internal surfaces of the water pipes against corrosion, polyurethane coatings become increasingly popular because of its many advantages. Despite of that, in contrast to the cement coatings, polyurethane coatings not provide active corrosion protection, however polyurethane resins are characterized by immediate bonding time resulting in very quickly restored time the renovated water pipeline for re-



use. Moreover, the layer of polyurethane coating is much thinner than in the case of protective cement coating. Other properties of polyurethanes which affected the increasingly commonness of their use is very good adhesion to steel and iron, high mechanical strength and chemical resistance. Considering that polyurethane coatings are an alternative method to commonly used cement coatings also very important is the analysis of their impact on water quality. Results of previous researches show that polyurethane coatings cause decrease the water pH value and contribute to appearance of organic contaminations in water during the initial contact the polyurethane with water. However, danger of leaching toxic substances from polyurethane coating to water is not recorded.