

Anna RUDAWSKA¹, Beata KOWALSKA²

¹ Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin; e-mail: a.rudawska@pollub.pl

² Wydział Inżynierii Środowiska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin;
e-mail: b.kowalska@pollub.pl

Wybrane zagadnienia klejenia rur z polichlorku winylu stosowanych w instalacjach wodociągowych

Streszczenie: W niniejszej pracy przedstawiono wybrane zagadnienia związane z zastosowaniem technologii klejenia w instalacjach wodociągowych. Dokonano przeglądu rodzaju systemów instalacji hydraulicznych zarówno centralnego ogrzewania (c.o), jak i ciepłej wody użytkowej (c.w.u). Scharakteryzowano połączenia i rury PVC-C i PVC-U NIBCO stosowane w instalacjach wody ciepłej i zimnej. Przeprowadzono także badania doświadczalne na próbkach połączeń klejowych rur, stosując wybrane rodzaje klejów oraz określone warunki wykonania tych połączeń. W badaniach tych określono niektóre parametry wytrzymałościowe połączeń klejowych zauważając, że istotny wpływ na wytrzymałość połączeń klejowych rur z PVC ma rodzaj kleju.

Słowa kluczowe: połączenie klejowe, instalacje wodociągowe, klej, wytrzymałość

SELECTED ISSUES OF POLY(VINYL CHLORIDE) PIPE BONDING USING IN WATER SUPPLY SYSTEM

Abstract: This article presents the selected issues related to the use of bonding technology in water supply installations. Reviews of hydraulics systems for both central heating systems (c.o) and domestic hot water systems (c.w.u) were made. PVC-C and PVC-U NIBCO pipes and their joints used in hot and cold water installations were characterized. Experimental research was carried out on test-pieces of adhesive joints of pipe, using the selected types of adhesives and laid down the conditions for the implementation of these joints. In these tests the strength parameters of adhesive joints were determined. It can be noticed, that the essential influence on PVC pipe adhesive joints strength has a kind of adhesive.

Key words: adhesive joints, domestic hot and cold water installations, adhesive, strength

1. Wprowadzenie

Połączenia w instalacjach wodnych można podzielić na połączenia rozłączne i nierozłączne. Połączenia rozłączne można wielokrotnie montować i demontować (w niektórych przypadkach jest to związane z wymianą pewnych elementów). Natomiast instalacji, w których występują połączenia nierozłączne nie można rozdzielić bez niszczenia elementów wiążących. Wśród połączeń nierozłącznych często wykonywane są połączenia tworzone za pomocą technologii lutowania i klejenia [1]. Technologie te ewoluowały aż do formy dzi-

siejszej, w wielu wypadkach bardzo zaawansowanej i skomplikowanej.

Obecnie na rynku znajduje się wiele systemów instalacji hydraulicznych zarówno centralnego ogrzewania (c.o), jak i ciepłej wody użytkowej (c.w.u), począwszy od tych najstarszych, czyli stalowych, a kończąc na obecnie stosowanych, czyli z tworzyw polimerowych, z możliwością skręcania, zgrzewania lub klejenia.

Nowe technologie w tej dziedzinie otwierają całkiem nowe możliwości zarówno dla instalatorów, jak i użytkowników. Instalacje stalowe wykazują największą wytrzymałość mechaniczną, jednak nie są odporne na korozję.

Natomiast materiały polimerowe, z których jest wykonana obecnie większość instalacji, wykazują dużą odporność na korozję, jednak mają niższą wytrzymałość. Dobrym rozwiązaniem jest instalacja miedziana, która łączy w sobie zalety niektórych instalacji, lecz niestety jest to powiązane z wysoką ceną.

Niektóre połączenia w wybranych systemach wymagają obsługi specjalnych narzędzi i doświadczenia w danej dziedzinie. Przykładowo instalacje miedziane lutowane wymagają od instalatora pewnego doświadczenia zawodowego związanego z obsługą palnika. Inne natomiast nie potrzebują specjalistycznego oprzyrządowania. Chociażby przykład połączeń klejowych, które nie wymagają używania urządzeń, wymagających wykwalifikowanej obsługi.

2. Instalacje klejone

2.1. Charakterystyka instalacji klejonych

Systemy instalacji PVC-C (chlorowany polichlorek winylu) i PVC-U (nieplastyfikowany polichlorek winylu) NIBCO są często wykorzystywane w instalacjach wody ciepłej i zimnej [2]. Posiadają atesty higieniczne PZH (czyli mogą być stosowane do wody pitnej) oraz odpowiednie aprobaty techniczne wydane przez Instytut Techniki Budowlanej ITB, a jakość systemów gwarantuje program ciągłej kontroli potwierdzony certyfikatem jakości ISO 9001:2000. Szczególnymi zaletami tych systemów są: brak kosztownych przyrządów do jego montażu, szybkość montażu, a także możliwość zmniejszenia średnicy, wynikającą z mniejszych oporów przepływu w porównaniu ze stalą (małe opory liniowe i miejscowe – brak dławienia przepływu na kształtkach)

System klejony posiada dość dobre właściwości ognioodporne. Temperatura zapłonu PVC-U wynosi około 390°C, natomiast w przypadku PVC-C sięga nawet 433°C. Pokazuje to tzw. wskaźnik graniczny tlenu LOI (Limiting Oxygen Index) – dla PVC-U jest równy 40, a dla PVC-C 60. Oznacza to, że materiały te wymagają przy spalaniu odpowiednio 40% tlenu

(PVC-U) i 60% (PVC-C). W atmosferze ziemskiej zawartość tlenu wynosi 21%, tak więc instalacje NIBCO nie podtrzymują procesu palenia i w momencie usunięcia źródła ognia następuje ich samoczynne zgaszenie.

Dzięki temu, że rury i kształtki są odporne chemicznie, to można nimi przesyłać wiele innych cieczy np.: alkohole, soki owocowe, mleko, oleje jadalne oraz kilkadziesiąt związków chemicznych. Dzięki temu instalacje NIBCO mogą być szeroko stosowane w zakładach przemysłowych. Systemy NIBCO są odporne na zjawisko korozji i zarastanie osadem ponieważ są chemicznie, fizycznie i bakteriologicznie obojętne dla płynącej nimi wody.

Kolejną zaletą jest jeden z najmniejszych współczynników wydłużalności liniowej wśród instalacji z tworzyw polimerowych oraz bardzo mały współczynnik przewodności cieplnej wśród materiałów stosowanych w instalacjach sanitarnych, co do minimum ogranicza konieczność stosowania dodatkowych otulin izolacyjnych.

Wymienione właściwości spowodowały, iż materiały te są coraz bardziej powszechnie i coraz częściej stosowane w budownictwie, wypierając z rynku przestarzałe technologie.

Nie oznacza to jednak, że system ten nie posiada wad. W przypadku domów jednorodzinnych występują mniejsze trudności niż podczas montażu na budowach. Wynika to m.in. stąd, że łączone powierzchnie powinny być suche i pozbawione zanieczyszczeń (np. poprzez odłuszczenie), a montaż prowadzony w temperaturze dodatniej. Tymczasem dużą część instalacji wodociągowych, czy centralnego ogrzewania wykonuje się na budowie w okresie wiosennym lub nawet zimowym. Pogarsza to parametry połączeń prowadząc do częstych nieszczelności, szczególnie w instalacjach o dużych średnicach.

2.2. System rur i kształtek z PVC-C do ciepłej i zimnej wody

System rur i kształtek z PVC-C przeznaczony do ciepłej i zimnej wody użytkowej, jest



Rys. 1. Rura PVC-C stosowana do wody ciepłej [3]



Rys. 2. Rura PVC-U stosowana do wody zimnej [4]

produkowany w systemie wymiarowym miedzi [2]. Do produkcji tego systemu wykorzystuje się dwa typy rur: do wody zimnej – FlowGuard Gold oraz do ciepłej – Greenline, różniące się kolorem paska na rurze. Rura z żółtym paskiem (rys. 1) to rura FlowGuard Gold, a z zielonym paskiem (rys. 2), to rura Greenline. Rura w wersji FlowGuard Gold znacznie lepiej zachowuje się w niskiej temperaturze oraz łatwiej się ją przecina. Kształtki do obu typów rur są jednakowe i wykonane z PVC-C FlowGuard Gold. Powyżej 2" system rur i kształtek z PVC-C jest produkowany w kolorze jasno szarym i odpowiada wymiarowo systemowi rur stalowych – system IPS.

Parametry pracy systemu PVC-C to: temperatura 70°C i ciśnienie 8 bar. Maksymalne ciśnienie pracy – zgodnie z katalogiem dla systemu CTS jest to 27,6 bar w temperaturze 23°C. Dla systemu IPS – maleje wraz ze wzrostem średnicy tak, że dla 4" wynosi ono 22,1 bar w temperaturze 23°C. Dla temperatury powyżej 23°C maksymalne ciśnienie pracy ulega zmniejszeniu.

System klejony zyskuje coraz większe znaczenie. Połączenia są dość trwałe a przy tym łatwe i szybkie w wykonaniu. Wprawdzie rura nie jest elastyczna, ale jest sporo kształtek, dzięki którym można ją układać pod różnymi kątami.

2.3. System rur i kształtek z PVC-U do wody zimnej

System rur i kształtek z PVC-U (polichlorek winylu), przeznaczony do zimnej wody, wymiarowo odpowiadający rurom stalowym (system IPS), jest produkowany w dwóch wersjach: amerykańskiej oraz w wersji europejskiej, w której rury produkowane są zgodnie

z PN-EN 1452-2. Kształtki spełniają wymagania zarówno norm amerykańskich, jak i europejskich. W instalacjach przemysłowych maksymalna temperatura stosowania PVC-U to 45°C.

Łączenie rur i kształtek w systemie PVC-C jak i systemie PVC-U odbywa się za pomocą klejów agresywnych. Czas wykonania takiego połączenia zależy od temperatury montażu i nie przekracza 1 min. W obu systemach występują elementy gwintowane oraz kołnierzone, pozwalające na połączenie z dowolnym systemem instalacyjnym.

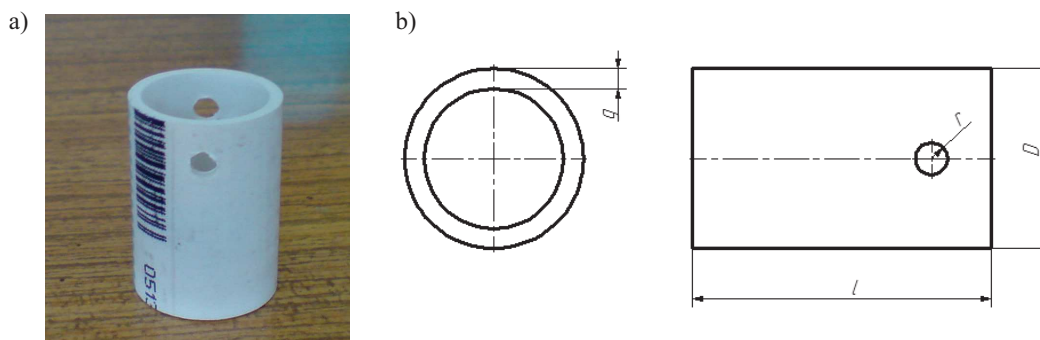
3. Metodyka badań

3.1. Charakterystyka połączeń klejowych

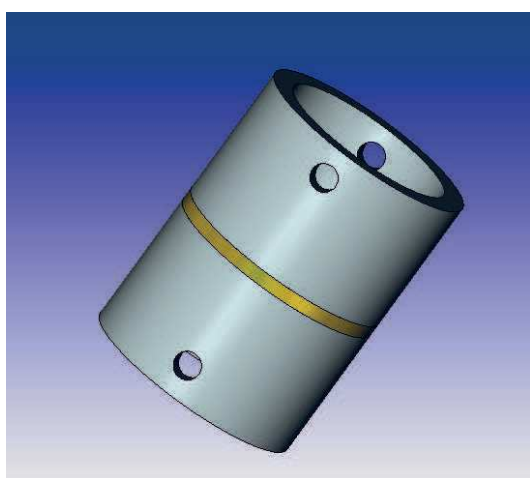
Przedmiotem badań są połączenia klejowe doczołowe. Do wykonania połączeń klejowych użyto próbek wykonanych z rury PVC-U 1" o wymiarach: $D = 21,2$ mm, $g = 1,7$ mm, $l = 30$ mm, $r = 2,5$ mm (rys. 3). Próbki te uzyskano z rury o długości 1 m poprzez cięcie na tokarce TUB25 za pomocą noża tokarskiego NNPa 12x8x2 HS 18-0-1. Podczas cięcia rura została zamocowana w specjalnym uchwycie, którego jednym z elementów był uchwyt tokarski samocentrujący, w celu zachowania prostopadłości krawędzi. Na rys. 3 przedstawiono kształt i wymiary próbki.

Schemat wykonanego połączenia klejowego rur z polichloru winylu przedstawiono na rys. 4.

Połączenia klejowe wykonano przy użyciu trzech rodzajów klejów: Loctite 3430, Loctite 9484 oraz Loctite 401 [6, 7, 8]. Kleje te różnią się zarówno ilością składników, bazą chemiczną, jak i właściwościami, w tym także czasem



Rys. 3. Kształt i wymiary próbek wykorzystanych do wykonania połączeń klejowych: a) widok rzeczywisty, b) schemat



Rys. 4. Wizualizacja badanych połączeń klejowych

przydatności do użycia po przygotowaniu kleju. Klej Loctite 3430 oraz Loctite 9484 są to kleje epoksydowe dwuskładnikowe, natomiast klej Loctite 401 jest klejem jednoskładnikowym, opartym na związku cyjanoakrylu etylowego.

3.2. Przebieg procesu klejenia

Sposób przygotowania łączonej powierzchni próbek (czołowej) przed klejeniem polegał na operacji odtłuszczenia za pomocą środka odtłuszczającego Loctite 7061. Powierzchnie czołowe próbek poddano trzykrotnemu odtłuszczeniu stosując technikę opisaną w pracy [9].

Po odtłuszczeniu próbki skleiono doczołowo za pomocą trzech rodzajów klejów, wykonując po 3 partie próbek, zawierających od 5 do 10 połączeń każda.

Klej Loctite 401 nakładano bezpośrednio na jedną z łączonych powierzchni, wykorzystując aplikator stanowiący integralną część pojemnika, w którym znajduje się klej. W przypadku klejów dwuskładnikowych (Loctite 3430 oraz Loctite 9484), oba składniki (żywica i utwardzacz) zostały wymieszane w odpowiednich proporcjach, co pozwoliło uzyskać jednorodną masę klejową, którą następnie nakładano na jedną z łączonych powierzchni. Kleje dwuskładnikowe były umieszczone w podwójnym opakowaniu (kartuszach po 50 ml). Umożliwiło to precyzyjne dozowanie poszczególnych składników, z wykorzystaniem do tego celu urządzenia dozującego w formie pistoletu oraz mieszadła statycznego.

Do ustalenia próbek połączeń klejowych wykorzystano powierzchnię walcową, stosując pryzmę. Zastosowano także stały docisk podczas procesu utwardzania dla wszystkich wykonanych połączeń, wynoszący 0,01 MPa. Podczas klejenia temperatura otoczenia wynosiła $22\pm 2^{\circ}\text{C}$, a wilgotność $32\pm 2\%$. Czas sezonowania połączeń wynosił 48 h.

3.3. Badania wytrzymałościowe

Badania siły niszczącej połączeń klejowych zostały przeprowadzone zgodnie z normą ISO 6259-1/2/3 [10], na maszynie do badań wytrzymałościowych Zwick/Roell 150. Podczas badania temperatura wynosiła $24\pm 2^{\circ}\text{C}$, wilgotność $36\pm 1\%$, prędkość badania wynosiła 100 mm/min, a naprężenie wstępne 2 MPa. Warunki badania dla wszystkich klejów były takie same.

Do zamocowania próbek wykorzystano specjalny uchwyt [11], który mocowano w szczękach maszyny wytrzymałościowej.

4. Wyniki i analiza wyników badań

Przed przystąpieniem do wykonania badań wytrzymałościowych połączeń klejowych, dokonano określenia grubości spoiny klejowej uzyskanej po zastosowaniu trzech rodzajów klejów (różniących się lepkością), stosując metodą różnicową z wykorzystaniem suwmiarki elektronicznej Sylvac System z wyświetlaczem cyfrowym z rozdzielczością 0,01 mm, o zakresie pomiarowym 0÷150 mm i dokładności pomiarów 0,03 mm. Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Grubość spoiny klejowej

Lp.	Rodzaj kleju	Grubość spoiny klejowej gk, mm	Odchylenie standardowe σ , mm
1	Loctite 3430	0,35	0,03
2	Loctite 9484	0,42	0,15
3	Loctite 401	0,28	0,10

Na podstawie przedstawionych wyników zauważono, że największą grubość spoiny klejowej otrzymano w przypadku kleju Loctite 9484 ($gk = 0,42$ mm) oraz także największy rozrzut wyników. Najmniejszą natomiast grubość spoiny klejowej uzyskano w przypadku zasto-

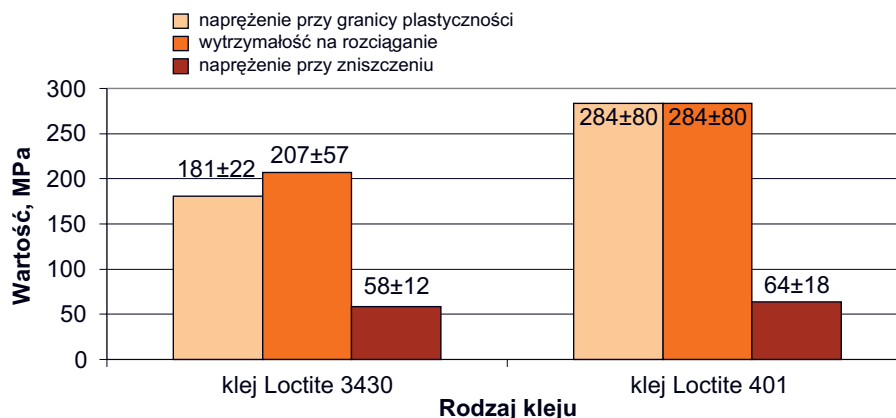
sowania kleju cyjanoakrylowego Loctite 401, charakteryzującego się najmniejszą lepkością [8]. Największą powtarzalność grubości spoiny klejowej wykazano w przypadku użycia kleju Loctite 3430.

Analizując otrzymane rezultaty zauważono, że występuje duży rozrzut wartości wytrzymałości połączeń klejowych, wykonanych za pomocą kleju Loctite 9484. Ponadto w przypadkach dwóch połączeń otrzymano niepełne wyniki badań. Z tego względu do dalszej analizy porównawczej, wariant połączeń klejowych wykonanych za pomocą kleju Loctite 9484 nie będzie uwzględniany.

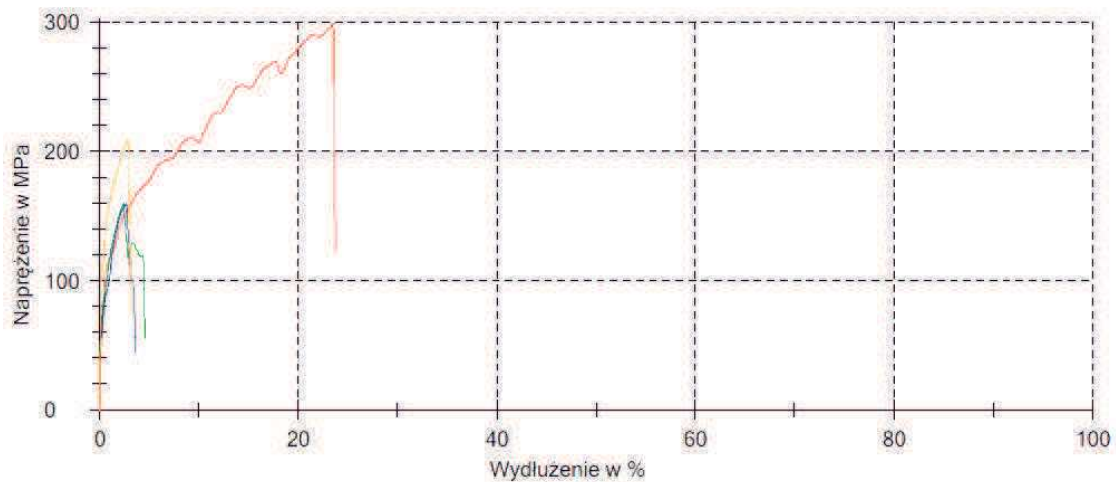
Wykorzystując w badaniach wytrzymałościowych normę ISO 6259-1/2/3, wyznaczono następujące wielkości:

- 1) σ_Y [MPa] – naprężenie przy granicy plastyczności,
- 2) σ_M [MPa] – wytrzymałość na rozciąganie,
- 3) σ_B [MPa] – naprężenie przy zniszczeniu,
- 4) ε_M [%] – wydłużenie przy wytrzymałości na rozciąganie,
- 5) ε_B [%] – normalne wydłużenie niszczące.

Porównanie wybranych wyników badań wytrzymałościowych połączeń klejowych wykonanych z pomocą klejów Loctite 3430 oraz Loctite 401 zilustrowano na rys. 5. W przypadku użycia kleju Loctite 401, przeprowadzono dwie serie pomiarów, ze względu na duże rozrzuty wyników, przy czym skrajne wartości nie zostały uwzględnione podczas analizy rezultatów badań.



Rys. 5. Porównanie wybranych wyników wytrzymałościowych połączeń klejowych wykonanych przy użyciu klejów Loctite 3430 i Loctite 401



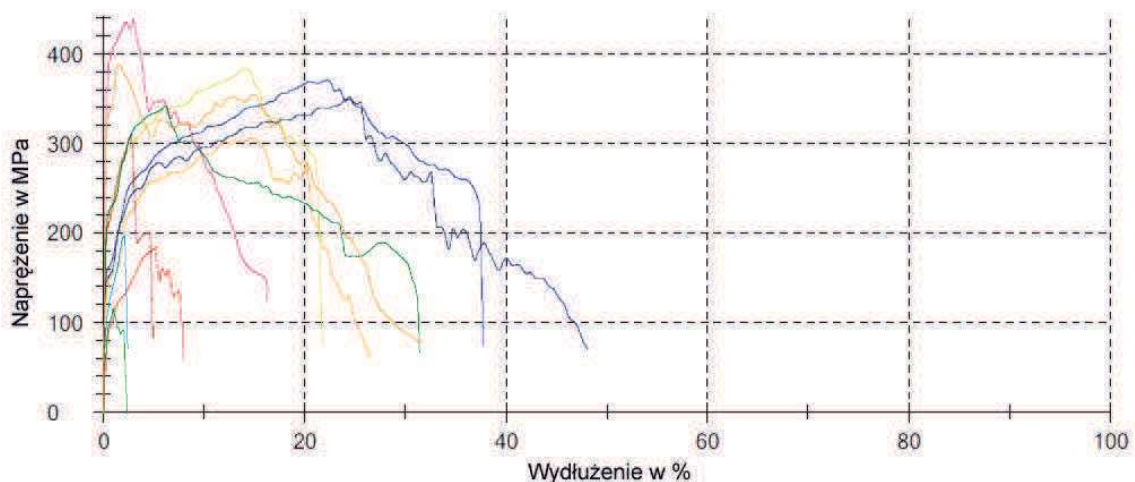
Rys. 6. Zależność wydluzenia od naprężenia uzyskana w przypadku połączeń klejowych wykonanych za pomocą kleju Loctite 3430

Dokonując porównania poszczególnych wielkości przedstawionych na rys. 5 można zauważyć, że większe wskaźniki wytrzymałościowe otrzymano w przypadku połączeń klejowych wykonanych za pomocą kleju jednoskładnikowego Loctite 401. Średnia wytrzymałość na rozciąganie (σ_M) połączeń klejowych, w których użyto kleju Loctite 3430 stanowi 73% wytrzymałości na rozciąganie połączeń klejowych wykonanych przy użyciu kleju Loctite 401. Należy jednak zauważyć, iż w przypadku stosowania kleju 401 uzyskuje się dużą rozbieżność wyników i najmniejsze

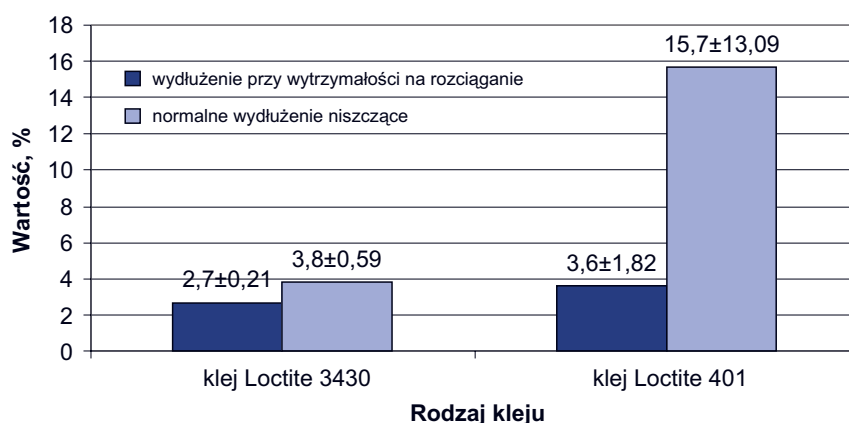
uzyskane wartości tej wytrzymałości są zbliżone do wytrzymałości połączeń wykonanych przy użyciu kleju dwuskładnikowego Loctite 3430.

Podobna zależność wystąpiła w przypadku uzyskanych wartości naprężenia przy granicy plastyczności. Natomiast wartości naprężenia przy zniszczeniu dla obu rodzajów połączeń były porównywalne.

Wyniki badań związane z wydłużeniem rozpatrywanych połączeń klejowych podczas badań wytrzymałościowych zaprezentowano na rys. 6, rys. 7 oraz rys. 8.



Rys. 7. Zależność wydluzenia od naprężenia uzyskana w przypadku połączeń klejowych wykonanych za pomocą kleju Loctite 401



Rys. 8. Wydłużenie przy wytrzymałości na rozciąganie oraz normalne wydłużenie niszczące połączeń klejowych wykonanych za pomocą klejów Loctite 3430 i Loctite 401

Na rys. 6 przedstawiono zależność pomiędzy naprężeniem a normalnym wydłużeniem niszczącym określonym w %. Na jej podstawie można zauważyć, że większość wyników (poza jednym przypadkiem) wydłużenie to osiąga maksymalną wartość około 4,5%. Wyniki pomiaru dla jednego połączenia znacznie odbiegają od pozostałych i ten wynik nie będzie uwzględniany w dalszej analizie wyników. Maksymalne naprężenie wynosi około 210 MPa.

Zamieszczone na rys. 7 wyniki, wykazują dość znaczny rozrzut normalnego wydłużenia niszczącego, określonego w %, który wynosi od 5 do 50%. Do określenia wartości poszczególnych wielkości wytrzymałościowych, wyselekcjonowano wyniki najbardziej zbliżone, odrzucając skrajne ich wartości. Maksymalne naprężenie osiąga wartość około 420 MPa.

Na podstawie wyników ilustrujących zależność wydłużenia (%) i naprężenia (MPa), zaprezentowanych na rys. 6 i rys. 7, można sądzić, iż większe wydłużenie kleju 401 może świadczyć o jego większej elastyczności w porównaniu do kleju Loctite 3430. W niektórych przypadkach jest to różnica bliska 45%. Może to być bardzo przydatna informacja podczas doboru rodzaju kleju oraz podczas projektowania połączeń klejowych. Elastyczność połączeń (także całej instalacji) jest pożądana ze względu na tzw. pracę instalacji w czasie zmiennych przepływów i różnej temperatury (zmiany

długości pod wpływem zmiennych warunków pracy – rozszerzalność liniowa). Im bardziej jest elastyczne połączenie tym mniejsze występuje prawdopodobieństwo jego zniszczenia, rozszczelnienia instalacji i wycieków.

Porównując wyniki zamieszczone na rys. 8 zauważa się, iż wartości obu rodzajów wydłużeń osiągnęły większe wartości w przypadku połączeń wykonanych za pomocą kleju Loctite 401. Świadczy to o większej elastyczności tego kleju.

W przypadku tego wykresu również można zaobserwować, że uzyskano większe odchylenie standardowe dla kleju Loctite 401. W szczególności jest to widoczne w przypadku normalnego wydłużenia niszczącego (ϵ_B). Wartości wydłużenia przy wytrzymałości na rozciąganie (ϵ_M) mają zbliżone wyniki, a różnią się one od siebie o wartość 0,9 %. Natomiast wartości wydłużenia przy zniszczeniu znacznie różnią się wynikami, a różnica między nimi wynosi 11,7 % (co stanowi 76%).

Jednak należy także uwzględnić fakt, iż większą powtarzalność wyników otrzymano stosując klej Loctite 3430, czyli można spodziewać się, iż połączenia wykonane za pomocą tego kleju będą posiadały bardziej powtarzalne parametry wytrzymałościowe niż za pomocą kleju bardziej elastycznego Loctite 401.

Porównując grubość spoiny klejowej (tabela 1) zauważono, iż dla mniejszej grubości spoiny klejowej, uzyskanej dla kleju Loctite 401, otrzy-

mano większe wartości badanych parametrów wytrzymałościowych połączeń klejowych.

5. Wnioski i podsumowanie

Na podstawie otrzymanych rezultatów badań sformułowano następujące wnioski:

- 1) bardziej elastycznym klejem okazał się klej Loctite 401 (wydłużenie kleju w niektórych przypadkach sięgało nawet 50%);
- 2) zastosowanie kleju Loctite 401 przyczyniło się do uzyskania większej wytrzymałości na rozciąganie,
- 3) mniejszą grubość spoiny klejowej otrzymano także w przypadku kleju Loctite 401, przy czym uzależniona jest ona także od właściwości stosowanego kleju;
- 4) większą powtarzalność wyników badań wytrzymałościowych połączeń klejowych otrzymano w przypadku zastosowania kleju Loctite 3430;
- 5) czas przygotowania kleju Loctite 3430 jest dłuższy niż kleju Loctite 401 ze względu na to, iż jest to klej dwuskładnikowy i wymaga wcześniejszego przygotowania,
- 6) łatwiejsza i szybsza aplikacja występuje w przypadku kleju Loctite 401, gdyż dostarczany jest w odpowiednich opakowaniach z aplikatorami.

Podsumowując, podczas doboru rodzaju kleju do wykonywania połączeń klejowych instalacji wodociągowych należy zwrócić uwagę na kilka aspektów, m.in.:

- 1) wymagana elastyczność kleju,
- 2) wymagany czas wykonywania połączeń (stosowanie klejów jedno- lub wieloskładnikowych),
- 3) sposób aplikacji kleju,
- 4) rodzaj łączonego materiału,

- 5) konieczność uzyskiwania powtarzalnych wymiarów połączeń,
- 6) konieczność uzyskiwania powtarzalnych wyników wytrzymałościowych,
- 7) uzyskanie szczelności połączenia.

Przedstawione zagadnienia są istotne zarówno ze względów aplikacyjnych, montażowych, jak i ekonomicznych. Ich analiza może przyczynić się do otrzymania połączeń klejowych instalacji wodnych, spełniających określone wymagania.

Literatura:

1. Godzimirski J., Kozakiewicz J., Łunarski J., Zielecki W.: *Konstrukcyjne połączenia klejowe elementów metalowych w budowie maszyn*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 1997.
2. Adams R.D., Comyn J., Wake W.C.: *Structural Adhesive Joints in Engineering*. Chapman and Hall, London, UK, 1997.
3. www.instalacjebudowlane.pl (21.12.2013).
4. www.okazje.info.pl (21.12.2013).
5. www.nomi.pl (21.12.2013).
6. Karta charakterystyki kleju Loctite 3430: dostępna na stronach www
7. Karta charakterystyki kleju Loctite 9484: dostępna na stronach www
8. Karta charakterystyki kleju Loctite 401: dostępna na stronach www
9. Rudawska A., Kuczmaszewski J.: *Klejenie blach ocynkowanych*. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Lubelskiej, Lublin 2005.
10. ISO 6259-1/2/3 Badanie na rozciąganie rur z termoplastów.
11. Rudawska A., Miturska I.: *Uchwyt do mocowania próbki połączenia klejowego doczołowego*. Zgłoszenie patentowe do UPRP nr P.404296.