

9 6 5

Nr 2 (41)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

# PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności  
Nr



1965



MINISTERSTWO ŁACZNOŚCI

---

# PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁACZNOŚCI



ROK 5

WARSZAWA 1965

NR 2(41)

---

INSTYTUT ŁACZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

**Kolegium Redakcyjne:**

---

**Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler**  
**Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner**

**Członkowie:**

**mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,**  
**prof. Stefan Jasiński, mgr inż. Stanisław Kobus,**  
**mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,**  
**mgr Zofia Życińska**

**Sekretarz Redakcji - Irena Kulko**

**Adres Redakcji:**

**Instytut Łączności**  
**Ośrodek**  
**Informacji Techniczno-Ekonomicznej**  
**Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1**

**NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO**

**Redaktor: J. Borkowska      Montaż tekstu: B. Drabik**

---

**Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności**  
**Format B5. Nakład 650. Druk ukończono**  
**w sierpniu 1965 r.**



PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Cyryl Niewiadomski - Połączenia owijane przewodów z końcówkami urządzeń teletechnicznych	1
2. Cyryl Niewiadomski - Kanalizacja kablowa z rur z tworzyw termoplastycznych	24

POŁĄCZENIA OWIJANE PRZEWODÓW Z KOŃCÓWKAMI  
URZĄDZEŃ TELETECHNICZNYCH

1. WSTĘP

Urządzenia telekomunikacyjne charakteryzują się dużą liczbą elementów połączonych ze sobą elektrycznie w celu uzyskania odpowiednich obwodów funkcjonalnych. I tak, na przykład, łącznica telefoniczna o pojemności 1000 abonentów ma ponad 300000 połączeń [1]. Liczba połączeń w produkowanych urządzeniach telekomunikacyjnych stale przy tym zwiększa się i już w 1953 r. wynosiła w USA około 1 miliarda rocznie [2]. Z tego wynika więc, że prawidłowość działania urządzeń telekomunikacyjnych zależy w dużej mierze od jakości i niezawodności połączeń, z których część wykonywana jest w zakładach produkcyjnych, a pozostałe wykonywane są podczas instalowania i eksploatacji urządzeń.

Jeszcze do niedawna połączenia żył przewodów i kabli z końcówkami metalowymi urządzeń telekomunikacyjnych wykonywano przede wszystkim przez lutowanie oraz częściowo przez zgrzewanie oporowe i spawanie (percussive welding) [3]. W 1950 r. opracowano w USA jednakże inny rodzaj połączeń, który okazał się niezbędny w związku z wprowadzeniem przekaźników ze sprężynami z drutów, w których nie można było zastosować lutowania wobec ogra-

niczonego miejsca połączenia. Dlatego też w tych przekaźnikach zastosowano tzw. połączenia owijane, opracowane przez H.A. Miloche [4], [5].

Ponieważ praktyka eksploatacyjna wykazała, że połączenia owijane nie ustępują pod względem jakości połączeniom lutowanym, już wkrótce potem zastosowano połączenia owijane w przekaźnikach ze sprężynami płaskimi, a następnie w innych elementach i podzespołach urządzeń telekomunikacyjnych, teletransmisyjnych oraz innych urządzeń telekomunikacyjnych, w wyniku czego obecnie wykonywane się w USA ponad pół miliarda rocznie połączeń owijanych w powyższych urządzeniach [6]. Urządzenia do wykonywania połączeń owijanych produkowane są w USA przez firmy Gardner and Denver oraz Western Electric Co, które opatentowały liczne urządzenia do tego celu, m.in. w Krajach Demokracji Ludowej.

W 1955 r. wprowadzono połączenia owijane w Anglii w łączówkach przełącznic i stojaków niektórych urządzeń central telefonicznych [7], a uprzednio w wyposażeniu rejestrów - tłumaczy automatycznego ruchu międzymiastowego [8]. Również w NRF firma Standard Elektrik Lorenz wprowadziła w 1960 r. połączenia owijane w centrali telefonicznej systemu ME-60 L [9].

Spośród Krajów Demokracji Ludowej szczególne zainteresowanie połączeniami owijanymi wykazuje NRD, gdzie powołano komisję międzyresortową do opracowania i wdrożenia tych połączeń [10]. Badaniem połączeń owijanych zajmuje się w NRD Institut für Post und Fernmeldewesen, a wdrożeniem ich do urządzeń telekomunikacyjnych - VEB Funk-

-und Fernmelde-Anlagenbau - Berlin. U nas w kraju zagadnieniem powyższym zainteresowano się w ZWUT - Warszawa, gdzie przeprowadzono udane próby wstępne połączeń owijanych [1], [11]. Niestety, połączeń owijanych nie wprowadzono dotychczas w produkcji lub eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych w kraju.

Trzeba ponadto zaznaczyć, że połączenia owijane znalazły ostatnio szerokie zastosowanie również do połączeń różnych elementów elektronicznych i innych (oporniki, kondensatory, tranzystory, diody) z nieruchomymi końcówkami metalowymi [6].

## 2. ZASADY WYKONYWANIA POŁĄCZEŃ OWIJANYCH

Połączenie owijane polega na owinięciu końcówki kilkoma ściśle przylegającymi zwojami żyły gołej (albo częściowo izolowanej) przewodu lub kabla. Tak wykonane połączenie, które jest połączeniem dociskowym, powinno charakteryzować się:

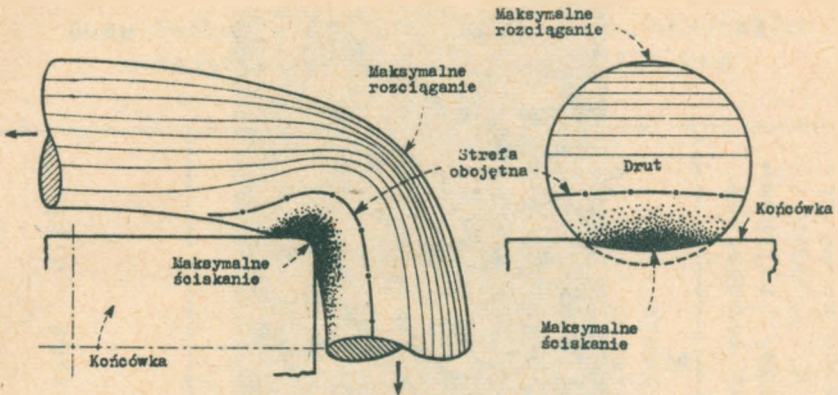
- a) odpowiednio dużym naciskiem stykowym;
- b) odpowiednio dużą powierzchnią styku;
- c) trwałością i stabilnością własności elektrycznych połączeń;
- d) trwałością mechaniczną;
- e) małymi wymiarami;
- f) łatwością rozłączenia żyły i końcówki w razie potrzeby;
- g) możliwie małym kosztem wykonywania połączeń.



Własności elektryczne i mechaniczne połączenia nie powinny zmieniać się w sposób istotny wskutek wpływu temperatury otoczenia i czynników atmosferycznych, występujących sił zewnętrznych oraz czasu.

Właściwy nacisk stykowy uzyskuje się przez owijanie końcówki drutem z odpowiednim naciąganiem, powodującym wydłużanie się drutu podczas owijania. Naciąg drutu powinien odpowiadać co najmniej 35% granicy plastyczności na rozciąganie jego materiału i nie powodować większego wydłużania się drutu niż 15% w przypadku drutu miedzianego o średnicy 0,5 mm oraz większego niż 20% w przypadku takiego drutu o średnicy 0,9 mm, co odpowiada naciągowi o wielkości wynoszącej do 70% wytrzymałości na rozciąganie drutu [12], [13]. Podczas nawijania drutu na końcówkę o przekroju kwadratowym, prostokątnym lub innym z ostrymi krawędziami następuje wskutek naciągu wgniecenie twardszego materiału końcówki w bardziej miękki materiał drutu, po uprzednim pokruszeniu i zniszczeniu warstwy tlenku lub nawet emalii ewentualnie znajdującej się na drucie albo końcówce. W miejscu styku drutu i końcówki wytwarza się nacisk stykowy o wielkości odpowiadającej 50-70% wielkości naciągu drutu, powodujący na powierzchni styku stan pośredni pomiędzy stanem charakteryzującym zwykły docisk mechaniczny a stanem spojenia na zimno, zapewniający bardzo mały opór przejścia w miejscu połączenia. Rozkład naprężeń w drucie nawiniętym na końcówkę przedstawia rys. 1, a same połączenia owijane rys. 2.

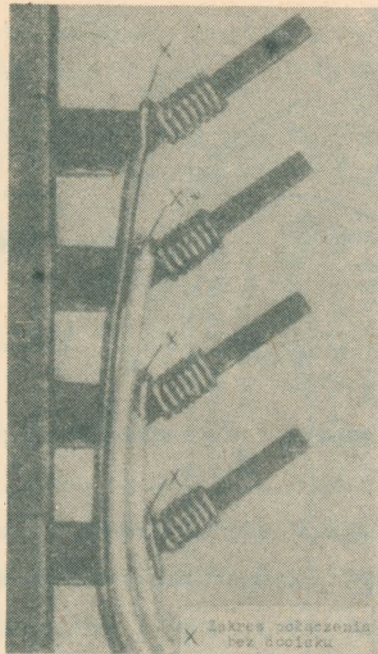




Rys. 1. Rozkład naprężeń w drucie nawiniętym na końcówce

Ponieważ w miejscu styku drutu z końcówką odkształcenie drutu może być rzędu 50%, materiał drutu powinien być możliwie plastyczny, czyli odznaczać się dużą różnicą między granicą plastyczności i wytrzymałością na ściskanie względnie rozciąganie. Dlatego najlepiej nadają się do połączeń owijanych druty w stanie wyżarzonym, z miedzi i stali oraz innych materiałów wyszczególnionych w tabl. 1 [6]. Nie nadają się natomiast do połączeń owijanych druty z aluminium i jego stopów z powodu za małej wytrzymałości na pełzanie.

W celu uniknięcia odkształceń plastycznych materiał końcówek powinien być twardszy niż drutu, wskutek czego wykonuje się je z mosiądzu, brązu fosforowego i krzemowego, nowego srebra i podobnych materiałów o dużym module sprężystości, małej podatności do relaksacji naprężeń oraz współczynniku temperaturowym rozszerzalności możliwie zbliżonym do współczynnika materiału drutu.



Rys. 2. Końcówki z połączeniami owijanymi

Końcówki nie mogą być ze zrozumiałych względów okrągłe, lecz muszą być o przekroju kwadratowym, prostokątnym względnie równoległociąnu, albo też mieć kształt liter U lub V. Ich krawędzie powinny być możliwie ostre, o promieniu zaokrąglenia mniejszym niż 0,075 mm, aby napięcie naprężeń w drucie było możliwie duże [14].

Lepsze własności wytrzymałościowe materiału końcówek niezbędne są również ze względu na skręcanie się końcówki w kierunku przeciwnym do nawijania drutu wskutek naprężeń wzdłużnych w drucie znajdującym się pod naciągiem, które może spowodować urwanie końcówki wykonanej z ma-

Dane techniczne drutów z różnych materiałów nadających się do połączeń owijanych

Materiał drutu	Średnica drutu mm	Granica plastyczności na rozciąganie kg/mm <sup>2</sup>	Wytrzymałość na rozciąganie kg/mm <sup>2</sup>	Wydłużenie przy zerwaniu %	Spadek procentowy naprężeń (relaksacja) w połączeniu owijanym po 40 latach
Miedź	0,4-1,0	10,5	24,0	15-25	57
Stop Co-Ni-Fe	0,4-0,8	20,0	54,0	14-28	7
Stop Ni-Fe platerowany miedzią	0,4-1,5	18,0	56,0	28	6
Mosiądz	0,5-0,8	17,0	35,0	38	45
Nikiel	0,5	28,0	50,5	17	5
Bimetal Cu-Fe	0,5	16,0	35,0	12	-

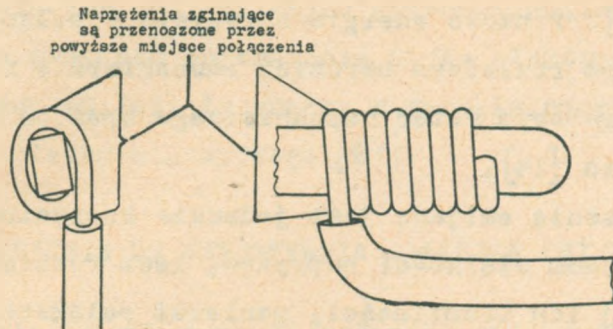
teriału o za małej wytrzymałości. Materiał końcówki powinien być przy tym wystarczająco sprężysty, a wymiary i przekrój końcówek tak dobrane, aby naprężenia ścinające wskutek skręcania nie przekraczały 1% w płaszczyźnie równoległej do osi końcówki [12]. Jako najbardziej odpowiednie do urządzeń telekomunikacyjnych uważane są końcówki o stosunku szerokości do grubości wynoszącym co najmniej 1,5, przy czym szerokość końcówki powinna wynosić dla lepszej widoczności co najmniej 1,6 mm, a gru-



bość końcówki powinna odpowiadać 1,5-3 średn. drutu. Do połączeń elementów elektronicznych stosowane są przeważnie znormalizowane końcówki mosiężne o wymiarach 1,1 x 1,1 mm, odznaczające się bardzo dobrą stabilnością własności elektrycznych [6].

W celu uzyskania odpowiedniej powierzchni stykowej na końcówkę należy nawinać, zależnie od średnicy drutu, co najmniej 5-7 zwojów, z których wszystkie z wyjątkiem skrajnych mają po cztery styki z krawędziami końcówki. Skrajne zwoje nie mają natomiast w ogóle styku z pierwszą krawędzią i tylko nieznaczny styk z następnymi dwiema krawędziami [15], co zresztą jest bardzo korzystne ze względu na przenoszenie sił dynamicznych spowodowanych drganiami przez pierwszy zwój, bez udziału pozostałych zwojów (rys. 3). Ponadto pierwszy zwój ma możliwość nieznacznego odkształcania się plastycznego, spełniając w ten sposób funkcję amortyzatora zabezpieczającego drut przed pęknięciami, które często występują w przypadku połączeń lutowanych. Te ostatnie połączenia charakteryzują się bowiem gwałtowną zmianą przekroju w miejscu wejścia drutu do spoiwa, w związku z czym w tym miejscu następuje spiętrzenie naprężeń, sprzyjające pękaniu drutu. Niezależnie od tego masa drutu połączenia owijanego jest mała, a samo połączenie zachodzi w wielu miejscach (stykach drutu z krawędziami końcówki) z naciskiem rzędu 1500-2000 G, co także sprzyja lepszej wytrzymałości na siły dynamiczne połączenia owijanego [11], [12], [14].

Jeszcze lepszą wytrzymałość na drgania połączenia owijanego uzyskuje się przez nawijanie pierwszego zwoju



Rys. 3. Obszar przenoszenia drgań w połączeniu owijanym

z izolacją, która polepsza działanie amortyzacyjne tego zwoju wobec możliwości odkształcania się plastycznego izolacji. Dlatego też zaleca się, aby  $1 \frac{1}{4}$  zwoju miała nieusuniętą izolację lub też, aby izolacja była jak najbliższej nawiniętych zwojów [13], [14], [16].

Trwałość połączenia dociskowego, jakim jest połączenie owijane, zależy od wielkości i stabilności potencjalnej energii sprężystej nagromadzonej w twardszym materiale połączenia, która przeciwdziała pogarszaniu się styku końcówki z drutem wskutek pełzania miękkiego materiału drutu. Jak wykazały badania, w połączeniu owijanym 75% energii sprężystej, nagromadzonej w wyniku ściskania w miejscach styku końcówki z drutem oraz w wyniku skręcania się końcówki, zawiera końcówka, a pozostałe 25% energii - drut. Taki rozkład energii sprężystej, zależy od materiałów końcówki i drutu oraz konstrukcji końcówki, jest bardzo korzystny i lepszy niż w połączeniu śrubowym, gdzie tylko 50% energii sprężystej nagromadzone jest w śrubie, wobec czego już z tego wynika, że trwa-

łość i pewność połączenia owijanego powinna być lepsza [1], [15]. Ponadto energia sprężysta w połączeniu owijanym jest rozłożona bardziej równomiernie niż w połączeniu śrubowym wobec mechanicznego sposobu wykonywania połączenia [14].

Połączenie owijane jest jednakże korzystne nie tylko pod względem wielkości naprężeń, lecz również pod względem dużej ich stabilności, ponieważ relaksacja (wyzwalanie) naprężeń w temperaturze pracy połączeń przebiega z taką małą szybkością, iż nawet po 40 latach wielkość nagromadzonej energii sprężystej w połączeniu drutem miedzianym powinna wynosić ponad 40-50 początkowej energii sprężystej. Prócz tego ujemny wpływ relaksacji jest kompensowany z nadmiarem dyfuzją pomiędzy materiałami drutu i końcówki, która dzięki stosunkowo małej energii aktywacji na powierzchni styku końcówki z drutem może przebiegać ze znaczną intensywnością nawet w temperaturze pokojowej, w wyniku czego wytrzymałość połączenia w funkcji czasu staje się nieco większa, a nie mniejsza. Wobec mniejszej energii aktywacji dyfuzji cyny jeszcze lepsze wyniki uzyskuje się przez stosowanie do połączeń żył cynowanych w ciekłym spoiwie lub galwanicznie, albo też srebrzonych lub złoconych. Srebrzenie i złocenie są jednakże nieekonomiczne i rzadko stosowane, natomiast pokrywanie końcówek cynkiem, kadmem lub aluminium, również polepszające dyfuzję, jest nieuzasadnione technicznie wskutek wytwarzania się kruchych związków międzymetalicznych cynku i kadmu względnie wskutek trudności pokrywania galwanicznego za pomocą aluminium [12], [14], [15].



[17]. Tak więc nie ma żadnych obaw, aby w prawidłowo wykonanych połączeniach owijanych drutem miedzianym cynowanym mogło nastąpić pogorszenie styku elektrycznego przed upływem 40 lat, to znaczy w okresie amortyzacji urządzenia telekomunikacyjnego [21].

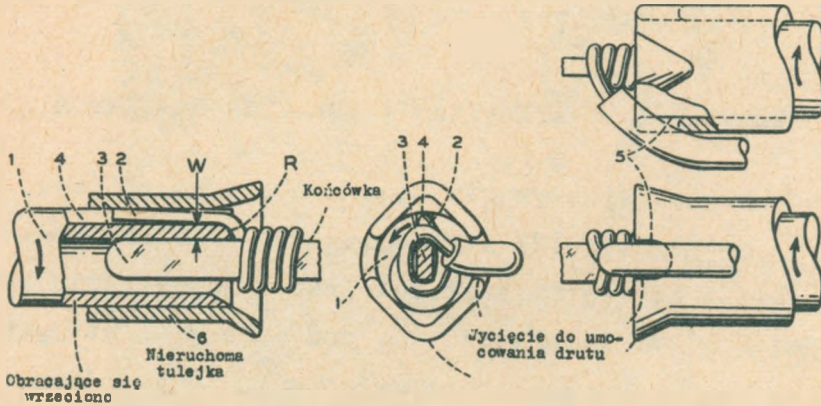
### 3. URZĄDZENIE DO WYKONYWANIA POŁĄCZEŃ OWIJANYCH

Urządzenie do wykonywania połączeń owijanych (rys. 4 i rys. 5) ma głowicę (1) obracającą się w tulei prowadzącej (6), w której umieszczona jest z odpowiednim pasowaniem. W głowicy znajdują się dwa otwory, z których większy służy do umieszczania urządzenia na końcówce (3), a mniejszy (4) do umieszczania w nim żyły gołej przewodu lub kabla (2). Przed uruchomieniem urządzenia koniec żyły wystającej z otworu umocowuje się w wycięciu osłony (5) [15].

Głowica, obracająca się z szybkością 3000-4000 obr/min, musi być tak skonstruowana, aby mogła ona porwać drut wystający z mniejszego otworu i poruszający się w nim z nieznacznym tarciem oraz nawinąć go na końcówkę. Powierzchnie głowicy i tulei powinny być nawęglone i polerowane w celu uniknięcia nadmiernego tarcia.

Z powyższego opisu wynika, że każda zmiana wymiarów końcówki i średnicy drutu wymaga zmiany głowicy i tulei prowadzącej, co jest niestety dużą niedogodnością. Jakość połączenia zależy przy tym w dużej mierze od promienia zaokrąglenia wylotu mniejszego otworu R i odległości między otworami W (rys. 5), ponieważ wskutek za

małego promienia zaokrąglenia w nawijanym drucie powstają za duże naprężenia zginające i w konsekwencji za duże tarcie podczas nawijania oraz związane z nim za duże roz-

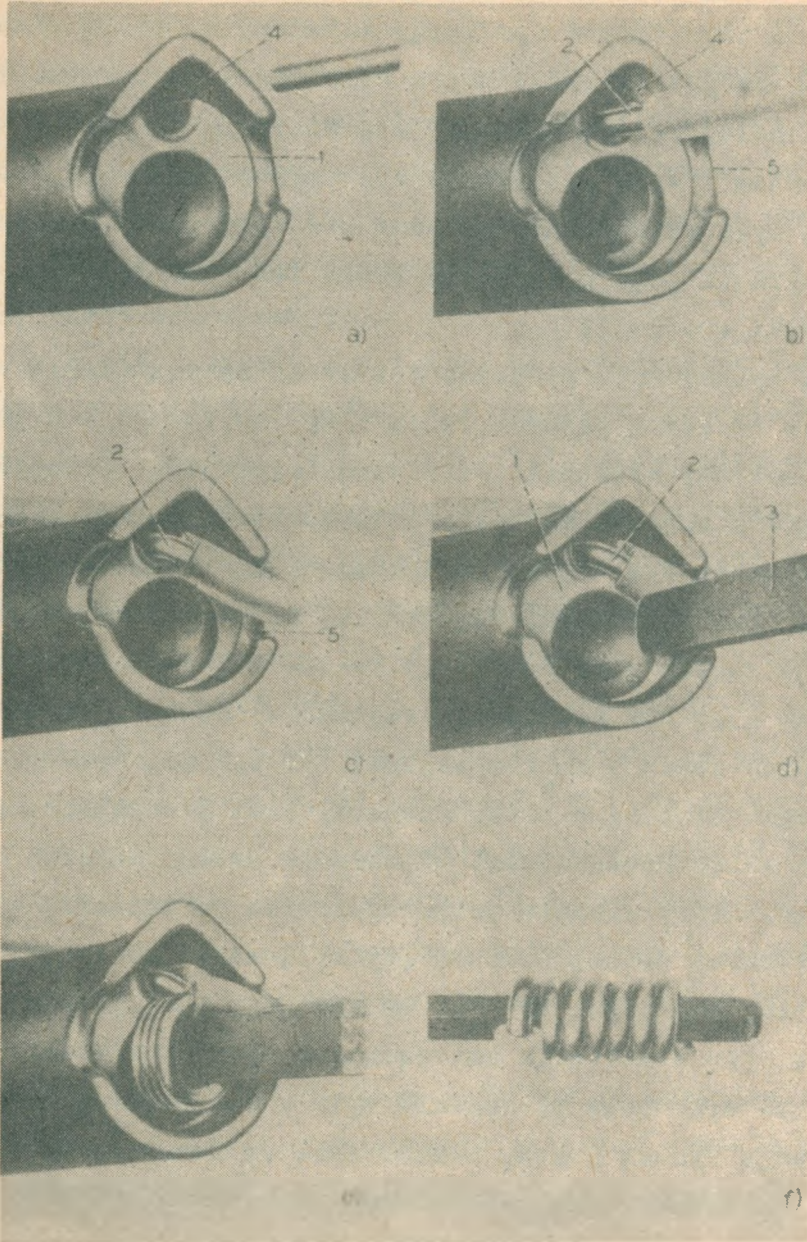


Rys. 4. Przekrój urządzenia do wykonywania połączeń owijanych  
1 - głowica, 2 - nawijany drut, 3 - końcówka, 4 - otwór do drutu, 5 - wycięcie w osłonie, 6 - osłona

ciąganie drutu, co z kolei zwiększa kruchość drutu oraz powoduje pęknięcie połączenia wskutek drgań występujących w czasie eksploatacji urządzeń. Odległość między otworami wpływa także na naciąg drutu podczas nawijania, poza tym zaś duża odległość między otworami jest niekorzystna ze względu na zwiększenie na końcu połączenia nienawiniętego odcinka drutu, odstającego od końcówki, który ewentualnie może spowodować styk elektryczny z sąsiednimi końcówkami [4], [13], [15], [19].

Długość większego otworu głowicy zależy od długości końcówki, a długość mniejszego otworu od liczby zwojów nawijanych na końcówkę. Jak wspomniano, drut miedziany wymaga nawinięcia 5-7 zwojów, natomiast druty ze stali,





Rys. 5. Kolejne operacje wykonywania połączeń owijanych  
 a - głowica przed umieszczeniem drutu, b - głowica z u-  
 mieszczonego drutu, c - umocowanie drutu w wycięciu, d -  
 - nasadzanie głowicy na końcówkę, e - nawijanie drutu na  
 końcówkę, f - gotowe połączenia



niklu i jego stopów wymagają, zależnie od średnicy, tylko 3-6 zwojów dzięki lepszym własnościom wytrzymałościowym i mniejszej relaksacji [6]. Pomiędzy nawiniętym połączeniem i żyłą pozostawia się często pewien zapas, aby można było ewentualnie wykonać bez trudu nowe połączenie w przypadku jego pęknięcia. Zapas ten umocowuje się do końcówki obejmą [13].

Do wykonywania połączeń stosowane są urządzenia o napędzie ręcznym, pneumatycznym i hydraulicznym o wyglądzie ręcznej wiertarki, z których urządzenia o napędzie ręcznym stosowane są tylko do prac konserwatorskich, a najwygodniejsze - jako najłżejsze - są urządzenia o napędzie pneumatycznym. Najczęściej są stosowane urządzenia do drutów o średnicy 0,4 do 1,6 mm, jakkolwiek w zasadzie mogą być stosowane urządzenia nawet do drutów o średnicy ponad 5 mm i mniejszej niż 0,1 mm. Wykonywanie połączeń drutami o dużej średnicy jest jednakże niedogodne wobec konieczności stosowania dużego momentu obrotowego, który wzrasta proporcjonalnie do trzeciej potęgi średnicy drutu, podczas gdy urządzenia do drutów o średnicy mniejszej niż 0,1 mm wymagają zmiany konstrukcji w celu ułatwienia umieszczania drutu w głowicy [15].

Czas wykonania połączenia żyły z uprzednio usuniętą izolacją wynosi 3 sek, niezależnie od średnicy drutu, a samo nawijanie trwa zaledwie 0,3 sek. Czas wykonywania połączeń owijanych, i tak znacznie krótszy niż lutowania, można jeszcze zmniejszyć przez zastosowanie urządzeń wyposażonych dodatkowo w przyrząd do usuwania izolacji i ogranicznik długości, zamontowane na urządzeniu

do wykonywania połączeń [18]. Ponadto ostatnio wprowadzono sterowane urządzenia zautomatyzowane, umożliwiające w jednej operacji odwiniecie przewodu z krążka, usunięcie z niego izolacji, przecięcia i wykonanie połączeń kolejno na całym stojaku [6], [13], [18]. Takie urządzenia wymagają jednakże znormalizowania końcówek lub długości łączonych elementów.

Odległość pomiędzy końcówkami do połączeń owijanych zależy od wymiarów urządzenia i wynosi co najmniej  $2 \frac{1}{2}$  szerokości końcówki [15]. Szczególnie niebezpieczna jest za mała odległość w przypadku wykonywania połączeń drutami ocynowanymi, gdyż pokrycie czystą cyną jest podatne do wytwarzania włoskowatych pojedynczych kryształów (whiskers), które mogą powodować zwarcia [6]. W celu uniknięcia przeoczeń podczas okablowania pożądaną jest, aby końcówki były prostopadłe do łączówek, co polepsza przejrzystość wykonywania połączeń [13]. Prócz tego wskazane jest stosowanie odpowiednio rozmieszczonych łączówek różnej barwy, gdyż wykonywanie przez dłuższy czas połączeń owijanych o jednakowej barwie powoduje zaburzenia wzroku, szczególnie przy wykonywaniu połączeń na przełącznicach [18].

Jeżeli materiał i wymiary końcówek są właściwe oraz jeżeli urządzenie do wykonywania połączeń zostało prawidłowo skonstruowane i wykonane, jakość połączeń owijanych nie może wzbudzać jakiegokolwiek nieufności. Przed rozpoczęciem okablowania trzeba jednakże zawsze wykonać kilka połączeń próbnych i sprawdzić ich jakość przez pomiar siły ściągania z końcówki za pomocą dynamometru

sprężynowego [13]. Siła ściągnięcia powinna wynosić według wymagań angielskich co najmniej 2600 G [7], a według wymagań USA co najmniej 3000 G, przy średniej z pięciu połączeń co najmniej 4200 G [20]. Jakość połączeń sprawdza się ponadto przez odwiniecie drutu ściągniętego z końcówki, który nie powinien pękać podczas odwijania, gdyż pękanie drutu świadczy o za dużym naciągu podczas nawijania i skłonności połączenia do pęknięć podczas eksploatacji [7]. Istnieje również specjalny przyrząd do pomiaru wydłużania się drutu podczas nawijania na końcówkę, które także może służyć do oceny jakości połączenia [13].

Odlączenie drutu od końcówki wykonuje się przez ściągnięcie specjalnym przyrządem (rys. 6) lub przez odwijanie drutu kleszczami [15]. Użycie ściągniętego drutu do ponownego wykonania połączenia w żadnym przypadku nie jest wskazane, dlatego też, gdy nie ma uprzednio przewidzianego zapasu drutu przy połączeniu, lepiej jest wykonać tylko jeden lub dwa zwoje oraz je przylutować.

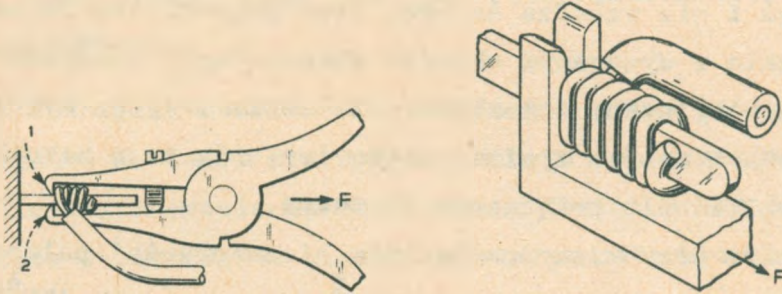
W rzadkich przypadkach występują przy wykonywaniu połączenia szpary między zwojami lub nakładanie się zwojów, co świadczy o niewłaściwym manipulowaniu przyrządem do wykonywania połączeń. W takich przypadkach nie należy nigdy poprawiać połączenia kleszczami lub innym sposobem [7].

#### 4. WŁASNOŚCI I ZALETY POŁĄCZEŃ OWIJANYCH

Najistotniejszą właściwością połączeń owijanych jest doskonały i trwały styk elektryczny drutu z końcówką,



dzięki czemu nawet w najniekorzystniejszych warunkach pracy opór przejścia połączenia nie przekracza  $5 \text{ m}\Omega$  [18], a zmiana oporu w warunkach pracy centrali telefonicznej nie przekracza  $0,4 \text{ m}\Omega$  [20], co wyklucza powstawanie szu-



Rys. 6. Przyrządy do ściągania połączenia z końcówki

mów wpływających na jakość transmisji. Połączenia owijane mogą pracować na powietrzu, w atmosferze o dużej wilgotności, w dowolnym klimacie tropikalnym i w atmosferze zanieczyszczonej gazami zawierającymi siarkę, ponieważ są całkowicie gazoszczelne. W przypadku połączeń nawijanych nie jest ponadto istotna czystość końcówek, gdyż dobre połączenia uzyskuje się również przy nawijaniu drutu na końcówki pokryte warstwą tlenków.

Bardzo szczegółowe badania porównawcze własności połączeń wykonanych różnymi sposobami, przeprowadzone ostatnio w USA [16], wykazały, że porównanie jakości połączeń możliwe jest tylko po poddaniu ich badaniom zmęczeniowym (drżania i uderzenia), najlepiej w atmosferze o podwyższonej temperaturze i dużej wilgotności lub w atmosferze zawierającej substancje agresywne pod wzglę-

dem korozji. Dopiero takie badania wykazały bowiem, iż połączenia owijane wykonywane drutem gołym ustępują pod względem trwałości prawidłowo wykonanym połączeniom lutowanym, jakkolwiek trzeba jednocześnie zaznaczyć, że trwałość obydwóch tych połączeń jest całkowicie bez zastrzeżeń i nie wzbudza żadnych obaw pogorszenia jakości połączenia w wymaganym okresie eksploatacji urządzeń telekomunikacyjnych. Natomiast połączenia owijane wykonane z jednym zwojem z nieusuniętą izolacją mają nawet lepszą trwałość niż połączenia lutowane.

Również przyspieszone badania niezawodności połączeń, polegające na ich pracy przez  $2 \frac{1}{2}$  godz. w temp.  $175^{\circ}\text{C}$  lub przez 150 dni w temp.  $105^{\circ}\text{C}$ , w obydwu przypadkach z zastosowaniem drgań, co odpowiada 40 latom pracy w normalnych warunkach, wykazały, że intensywność uszkodzeń połączeń owijanych jest mniejsza niż wymagana, to znaczy jest mniejsza niż jedno uszkodzenie w okresie 40 lat na 10000 połączeń. Jako kryterium uszkodzenia przyjmuje się przy tym zmianę oporu o wielkości  $0,1\Omega$ , która zresztą następuje tylko w wyniku uszkodzenia mechanicznego połączenia. Dopóki bowiem połączenie jest nieuszkodzone, dopóty własności elektryczne połączenia owijanego nie ulegają istotnym zmianom [6], [20].

Poza powyższymi właściwościami połączenia owijane odznaczają się następującymi zaletami [1], [10], [18]:

- wydatnym, wynoszącym co najmniej 60%, zmniejszeniem pracochłonności wykonywania połączeń w porównaniu do połączeń lutowanych,

- wyeliminowaniem w połączeniach cyny lub innego spoiwa,

- znacznym zmniejszeniem błędów i uszkodzeń podczas wykonywania połączeń przez

a) dużą jednorodność połączeń wobec zmechanizowanego ich wykonywania;

b) usunięcie możliwości uszkodzenia przez lutownicę lub spoiwo izolacji przewodu używanego do łączenia, co umożliwi stosowanie do okablowania tanich przewodów montażowych o izolacji z plastyfikowanego polichlorku winylu;

c) uniknięcie niewłaściwie wykonanych połączeń lutowanych, których nie można stwierdzić nawet przy najstarszej kontroli i których skutki uwidaczniają się dopiero podczas eksploatacji;

d) uniknięcie odprysków spoiwa, powodujących uszkodzenia i zanieczyszczenia sąsiednich połączeń oraz elementów;

e) łatwość wyszkolenia personelu wykonującego połączenia;

- łatwością rozłączenia połączenia,

- mniejszym wysiłkiem fizycznym wykonywania połączeń,

- lepszymi warunkami zdrowotnymi wykonywania połączeń wobec braku gazów wydzielających się podczas lutowania, zwłaszcza przy użyciu spoiwa z kalafonią, braku



możliwości oparzeń i spalenia odzieży, niższej temperatury podczas pracy itd.

Natomiast wadami połączeń owijanych są:

- stosunkowo duży koszt i asortyment urządzeń do wykonywania połączeń,
- konieczność stosowania zapasu żyły wobec możliwości ponownego wykonywania połączeń w przypadku ich uszkodzeń lub rozłączania,
- większa długość i lepszy materiał końcówek.

## 5. MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA POŁĄCZEŃ OWIJANYCH

Połączenia owijane są stosowane obecnie przede wszystkim w urządzeniach teletransmisji przewodowej i w urządzeniach telekomutacyjnych, w których są one uważane za równoważne jakościowo połączeniom lutowanym. I tak połączenia owijane są stosowane głównie w łączówkach przełącznic i szafek rozdzielczych, przekaźnikach, sprężynach gniazd nożowych, końcówkach ochronników przełącznicowych, przełącznikach, wyłącznikach itp. [6], [7], [10], [18], [20], [21]. Ponadto są one wprowadzane coraz bardziej do połączeń różnych elementów, m.in. diod i tranzystorów, oporników, kondensatorów i bezpieczników [6].

W urządzeniach znajdujących się w eksploatacji najprostsze jest wprowadzenie połączeń owijanych w łączówkach, które wymagają tylko zmiany samych końcówek. Jak wynika z przeprowadzonych badań [20], optymalne są końcówki z mosiądzu cynowanego lub nowego srebra o wymia-

rach 0,8 x 1,6 mm w przypadku drutów o średnicy 0,6 mm i o wymiarach 0,6 x 1,5 mm w przypadku drutów o średnicy 0,5 mm, stosowane w USA w centralach telefonicznych. Znacznie większych zmian wymaga natomiast wprowadzenie połączeń owijanych w innych elementach i podzespołach, wobec czego wprowadzanie takich zmian jest celowe tylko przy konstruowaniu nowych urządzeń [7], [10].

Pomimo początkowej nieufności połączenia owijane są obecnie coraz bardziej masowo wprowadzane za granicą do urządzeń telekomunikacyjnych i innych wobec licznych zalet takich połączeń. W związku z tym wysoce celowe byłoby kontynuowanie także u nas w kraju prac nad powyższym zagadnieniem, których pierwsze wyniki, otrzymane przez ZWUT - Warszawa, były zupełnie pozytywne.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Z. Drozd: Połączenia owijane. Pomiar. Automatyka. Kontrola. 9/1963/ /10/11/ 448/52.
2. J.W. McRae: Solderless wrapped connections. Introduction. Bell System Techn. J. 32/1953/ /3/ 523/4.
3. J.C. Coyne: Monitoring the percussive welding process for attaching to terminals. Bell System Techn. J. 42/1963/ /1/ 55/78.
4. H.A. Miloche: Mechanically wrapped connections. Bell System Techn. J. 29/1951/ 307/11.
5. A.C. Keller: A new general purpose relay for telephone switching systems. Bell System Techn. J. 31/1952/ /6/ 1023/67.

6. E.H. Van Horn: Solderless wrapping of pigtail components. Bell Labor. Record 41/1963/ /11/ 415/8.
7. K.W. Hix: Solderless wrapped joints in telephone exchanges. Post Office Electr. Engng J. 54/1961/ /3/ 204/7.
8. H. Banham: Physical design of subscriber - trunk dialling. Post Office Electr. Engng. J. 51/1959/ /4/ 310.
9. H. Werner: Konstruktiver Aufbau der Fernsprech- Vermittlungssysteme HE-60 L. SEL-Nachr. 11/1963/ /3/ 159/62.
10. J. Matthie: Stand der Einführung der lötlösen Wickelverbindungen als rationelle Arbeitsmethode zum Aufbau für Anlagen der drahtgebundenen Nachrichtentechnik. Fernmelde-Praktiker 4/1964/ /7/ 146/9.
11. Z. Drozd: Owijane połączenia przewodów z końcówkami elementów w centralach telefonicznych. Postępy Telekomunikacji 8/1963/ /6/ 29/33.
12. W.P. Mason, T.F. Osmer: Solderless wrapped connections. Part II. Necessary conditions for obtaining a permanent connection. Bell System Techn. J. 32/1953/ /3/ 557/90.
13. J. Matthie: Einzelheiten über die lötlöse Wickelverbindungstechnik. Fernmelde-Praktiker 4/1964/ /9/ 202/10.



14. P. Atkinson: Solderless joints—the technique of wire wrapping. Brit. Commun. and Electron. 10/1963/ /4/ 288/9.
15. R.F. Mallina: Solderless wrapped connections. Part I. Structure and tools. Bell System Techn. J. 32/1953/ /3/ 523/55.
16. G.W. Mills: A comparison of permanent electrical connections. Bell System Techn. J. 43/1964/ /3/ 1067/102.
17. W.P. Mason, O.L. Anderson: Stress systems in the solderless wrapped connections and their permanence. Bell System Techn. J. 33/1954/ /5/ 1093/110.
18. H. Jentzen: Erfahrungen bei der Einführung von lötlösen Wickelverbindungen. Fernmelde-Praktiker 4/1964/ /8/ 170/3.
19. R.H. Van Horn: Solderless wrapped connections, Part III. Evaluation and performance tests. Bell System Techn. J. 32/1953/ /3/ 591/610.
20. S.J. Elliott: Evaluation of solderless wrapped connections for central office use. Bell System Techn. J. 38/1959/ /4/ 1033/59.
21. Anon. Złącza okręcane nielutowane w teletechnice. Wiadomości Telekomunik. 2/1962/ /9/ 40/2.

## KANALIZACJA KABLOWA Z RUR Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH

## 1. WSTĘP

Kanalizację kablową, jedno- lub wielootworową, wykonuje się z rur stalowych i żeliwnych, z rur lub bloków polewanej kamionki, z rur azbestocementowych lub też z rur albo bloków betonowych, najczęściej o średnicy wewnętrznej 90-100 mm i długości 0,5-5 m. W celu uzyskania szczelności kanalizacji styki rur i bloków uszczelnia się różnymi sposobami, stosując do tego łączniki (mufy), ściągacze, uszczelki, bandaże, różne zalewy hydroizolacyjne i zaprawy cementowe. Ponadto stosuje się wspólne zabetonowanie rur poszczególnych ciągów kanalizacji [1].

Najbardziej stosuje się obecnie kanalizację z rur metalowych, które wymagają starannego zabezpieczania przeciw korozji gleby i wody. Ponadto powłoka ołowiana i aluminiowa kabla może w takiej rurze korodować wskutek wytwarzania się ogniwa galwanicznego między żelazem i ołowiem względnie aluminium w obecności wilgoci, jeżeli układany kabel jest goły lub jeżeli ma on tylko osłonę włóknistą [2].

Znacznie częściej stosuje się kanalizację kablową z polewanej kamionki, przeważnie w postaci bloków wielootworowych, które są tanie, wytrzymałe na obciążenia

ściskające, obojętne chemicznie względem materiału powłoki kabli i wewnątrz gładkie, co ułatwia wciąganie kabla do kanalizacji i nie stwarza możliwości jego uszkodzenia. Wadą rur i bloków z kamionki jest ich kruchość, wskutek czego powstaje dużo stłuczek podczas transportu oraz podczas układania kanalizacji. Ponadto wadą ich jest duża trudność uszczelnienia styków rur i bloków, zabezpieczającego przed przedostawaniem się do kanalizacji szlamu, który może spowodować korozję kabla i zatkanie ciągu kanalizacji [3], [4].

Najczęściej stosowane są do kanalizacji rury azbestocementowe, ewentualnie wspólnie zabetonowane oraz rury i bloki betonowe, których zalety są podobne do kamionkowych, z wyjątkiem bardziej chropowatej powierzchni, nie mającej jednakże istotnego wpływu na wciąganie kabli do kanalizacji. Zaletami bloków betonowych w porównaniu z kamionkowymi są mniejsze odchyłki wymiarowe, a także łatwiejsze uszczelnianie styków bloków, które w tym celu wykonuje się przeważnie z występem na jednym i wcięciem na drugim końcu lub z dwoma występami. W pierwszym przypadku styk uszczelnia się przez owinięcie występu taśmą izolacyjną przylepną lub przez smarowanie lepiszczem hydroizolacyjnym, podczas gdy w drugim przypadku występy umieszcza się w koszulce z sieciowanego polietylenu, odznaczającego się dużą elastycznością, bardzo dobrą odpornością na starzenie oraz odpornością na korozję naprężeniową i pełzanie [3]. Zasadniczą wadą rur i bloków betonowych jest duży ciężar.



Te właśnie wady tworzyw dotychczas stosowanych do kanalizacji kablowej wzbudziły zainteresowanie zastąpieniem ich tworzywami termoplastycznymi, których zastosowanie stało się w ostatnich latach realne dzięki bardzo dużemu rozwojowi ich produkcji, związanemu ze znaczną obniżką ceny samych tworzyw i wyrobów z tworzyw. Poza usunięciem wspomnianych wad zastosowanie rur z tworzyw termoplastycznych przyniosło ponadto inne znaczne, niżej omówione korzyści, w związku z czym można przypuszczać, że już w niedalekiej przyszłości tworzywa sztuczne będą jednym z podstawowych materiałów kanalizacji kablowej, m.in. również u nas w kraju.

## 2. TWORZYWA TERMOPLASTYCZNE DO KANALIZACJI KABLOWEJ

Pierwsze próby zastosowania tworzyw termoplastycznych do kanalizacji kablowej przeprowadzono w Anglii w 1959 r. Do prób tych użyto rur z kopolimeru kauczuku akrylo-nitrylowego i kauczuku butadienowo-styrenowego, tworzywa odznaczającego się dobrymi własnościami wytrzymałościowymi i udarnością oraz doskonałą odpornością chemiczną. Rury łączono przez posmarowanie ich końców rozpuszczalnikiem oraz przez docisk, z zastosowaniem lub bez zastosowania łączników. Kanalizację tę użyto do układania kabli elektroenergetycznych sygnalizacyjnych w podstacjach elektrycznych [5].

Jakkolwiek rury z terpolimeru są bardzo dobrym tworzywem do kanalizacji kablowej, nie są one obecnie stosowane do kanalizacji wobec stosunkowo wysokiej ceny te-

go tworzywa, które zresztą u nas w kraju nie jest produkowane. Dlatego też za granicą stosuje się obecnie tanie rury z twardego polichlorku winylu lub droższe, lecz łatwiejsze do układania rury z niskociśnieniowego polietylenu. Nie jest ponadto wykluczone, że te ostatnie rury mogą być w przyszłości zastąpione przez rury z polipropylenu.

Do układania kanalizacji w ziemi są stosowane za granicą przeważnie rury z twardego polichlorku winylu, ponieważ kanalizacja z tych rur nie jest droższa nawet niż kanalizacja z bloków betonowych, gdy ma ona do 16 ciągów [6]. Do tego celu stosowane są rury z suspensyjnego polichlorku winylu o stopniu polimeryzacji  $K = 60-70$ , niewymagającego plastyfikowania do wytłaczania, wobec czego tworzywo to jest szczególnie odporne na starzenie i niepodlegające migracji plastyfikatora. Aby uzyskać jak największą udarność rur, zwłaszcza w niskich temperaturach, powinny one być produkowane z wysokoudarowego gatunku polichlorku winylu, do którego dodaje się nieco stabilizatorów w celu polepszenia odporności na starzenie oraz środków smarnych w celu ułatwienia wytłaczania. Według danych niemieckich wytrzymałość na rozciąganie rur powinna wynosić co najmniej  $530 \text{ kg/cm}^2$ , a wytrzymałość na ściskanie co najmniej  $800 \text{ kg/cm}^2$  [7].

Do kanalizacji układanej w wodzie i w większej części na mostach stosowane są natomiast rury z polietylenu, których zasadniczą zaletą są znacznie lepsze właściwości plastyczne niż twardego polichlorku winylu, dzie-

ki czemu rury mogą być dostarczane w odcinkach o długości nawet powyżej 800 m, nawiniętych na bębny o średnicy rdzenia odpowiadającej dwudziestokrotnej średnicy rury, przewożone na przyczepach samochodowych. Dzięki temu właśnie układanie rur polietylenowych, niewymagające w większości przypadków łączenia rur, jest znacznie łatwiejsze niż rur z twardego polichlorku winylu, dostarczanych w odcinkach o długości do 12 m. Poza tym rury z polietylenu mają dużą elastyczność nawet w niskich temperaturach, co umożliwia układanie kanalizacji w zimie [8], [9].

Zalety stosowania rur z tworzyw termoplastycznych do kanalizacji kablowej są następujące:

- mały ciężar właściwy materiału rur, co ułatwia transport i układanie rur, a także zmniejsza ich koszt,
- gładkość powierzchni rur, która ułatwia wciąganie kabli do kanalizacji,
- całkowita odporność na korozję gleby i wód gruntowych,
- niewytwarzanie ogniwa galwanicznego z powłoką kabla, co wyklucza możliwość jej korozji w kanalizacji.

Ponadto bardzo ważną zaletą tych rur jest możliwość ich odkształcania elastycznego lub plastycznego, dzięki czemu przez wygięcie elastyczne rur na odpowiednio dużym promieniu krzywizny lub też przez wygięcie plastyczne po podgrzaniu palnikiem można ominąć obce urządzenia znajdujące się na wybranej trasie kablowej, któ-



re w przypadku kanalizacji z innych tworzyw trzeba byłoby usunąć lub przenieść, albo też ominąć przez pogłębienie wykopu, co wszystko związane jest ze znacznymi kosztami. Prócz tego trasa kanalizacji między studzienkami kablowymi nie musi być układana wzdłuż linii prostej, co, na przykład, eliminuje konieczność instalowania dodatkowych pośrednich studzienek, niezbędnych niekiedy na skrzyżowaniach dróg w przypadku kanalizacji z betonu i kamionki, gdyż na skrzyżowaniach rury można wygiąć, jeżeli zachodzi tego potrzeba. Wyginanie rur nie utrudnia przy tym w sposób istotny wciągania kabli wobec małego współczynnika tarcia kabla o powierzchnię rury z tworzywa termoplastycznego.

Ta właśnie możliwość wyginania rur ma szczególne znaczenie przy układaniu kanalizacji w miastach, gdzie stale zwiększająca się liczba abonentów telefonicznych wymaga rozbudowy istniejących i budowy nowych kanalizacji kablowych, które w przypadku kanalizacji z dotychczasowych materiałów byłyby częstokroć niemożliwe do ułożenia albo związane z nadmiernymi kosztami układania wobec znajdowania się obcych urządzeń na trasie kablowej, przebiegającej przeważnie wzdłuż ulicy [6].

### 3. ZASADY UKŁADANIA KANALIZACJI KABLOWEJ Z RUR Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH

#### 3.1. Kanalizacja kablowa magistralna z rur z twardego polichlorku winylu układana w ziemi

##### 3.1.1. Kanalizacja z rur układanych bezpośrednio w ziemi [6], [10]

Najłatwiejszą do wykonywania jest kanalizacja z rur układanych bezpośrednio w ziemi, które jednakże w takim przypadku muszą mieć odpowiednio grube ścianki w celu uniknięcia odkształcania się pod naciskiem warstwy ziemi i pojazdów, gdy kanalizacja znajduje się pod jezdnią. I tak rury z twardego polichlorku winylu układane poza jezdniami powinny mieć, według doświadczenia NRF, grubość ścianki 3,2 mm, a pod jezdniami - grubość ścianki 5,3 mm, co wynika z dopuszczalnego trwałego obciążenia twardego polichlorku winylu, które według normy międzynarodowej ISO nie powinno przekraczać  $60 \text{ kg/cm}^2$ .

Do układania rur wykonuje się wykop o szerokości razem ułożonych rur lub nieco szerszy, przy czym w jednej warstwie umieszcza się co najmniej cztery rury. Dno wykopu pokrywa się warstwą piasku lub chudego betonu, w której umieszcza się rury do połowy ich wysokości, unikając pod rurami niewypełnionej przestrzeni. Po ułożeniu jednej warstwy rur tak pokrywa się je piaskiem lub chudym betonem, aby między rurami nie było żadnej niewypełnionej przestrzeni, oraz zwilża się piasek wodą,

aby uzyskać jak najlepsze wypełnienie między warstwami rur, dzięki czemu nie następuje osiadanie ziemi. Podczas układania rur można na nich stać oraz chodzić w obuwiu gumowym.

Po ułożeniu ostatniej warstwy rur pokrywa się je warstwą chudego betonu o grubości 5 cm w celu uniknięcia uszkodzenia rur podczas ewentualnego ponownego wykonywania wykopu. Można też pod warstwą piasku do układania jezdni umieszczać folię z polichlorku winylu z kolorowymi pasami oraz dziurkowaną dla odpływu wody, która jest taśmą ostrzegawczą przy ponownym wykonywaniu wykopów. Gdy bowiem podczas wykonywania wykopów rura będzie wystawać częściowo z ziemi, jest ona wtedy szczególnie mało odporna na uderzenia (może być rozbita młotkiem o ciężarze 1 kG), co zmusza do bardzo ostrożnego wykonywania wykopu. Taśmę tę dostarcza się w rulonach i układa przez odwijanie.

Poszczególne rury łączy się ze sobą sposobami omówionymi w następnym rozdziale. Koniec rury wprowadzany do studzienki kablowej smaruje się zewnątrz na długości 15-20 cm chlorkiem metylenu i następnie klejem, po czym zanurza się koniec rury w piasku zmieszany z cementem i obraca się przez kilka minut do utworzenia na końcu rury warstwy tej mieszaniny, silnie przylegającej do rury. Tak przygotowany koniec rury zabetonowuje się w otworze studzienki, otrzymując wodo- i gazoszczelne wprowadzenie rury do studzienki.

W podobny sposób wykonuje się taką samą warstwę wewnątrz rury na długości 10 cm, która umożliwi uzyska-



nie lepszego umocowania i szczelności wkładek między rurą i kablem umieszczanych po wciągnięciu kabla. Pożądane jest przy tym, aby rury były dostarczane do układania już z końcami przygotowanymi do osadzania w studzien-  
ce.

Jeżeli wymaga tego trasa, rury z twardego polichlor-  
ku winylu mogą być wygięte na zimno do określonego pro-  
mienia krzywizny, przy czym w celu utrzymania rur w wy-  
maganym położeniu zaleca się umieszczanie ich wygięcia  
w ramie z płaskowników stalowych albo w odpowiedniej o-  
bejmie. Ramy lub obejmy niezbędne są tylko podczas ukła-  
dania rur, gdy odkształcenie ich jest sprężyste, ponie-  
waż po pewnym czasie przyłożenia siły odkształcenie sprę-  
żyste przechodzi w trwałe, co jest charakterystyczną  
właściwością tworzyw termoplastycznych. W przypadkach  
szczególnych, gdy wymagane jest większe wygięcie, rury  
można wyginać przez podgrzanie palnikiem propanowym w  
miejscu wygięcia do temperatury  $120^{\circ}\text{C}$ . Jeżeli dopuszczal-  
na jest nieznaczna zmiana przekroju rury, wyginanie mo-  
że być wykonywane bez wypełniania wnętrza rury.

Bezpośrednie układanie rur w ziemi jest właściwe, gdy  
w bezpośrednim pobliżu kanalizacji kablowej nie przewi-  
duje się wykonywania innych wykopów, które mogą spowo-  
dować osiadanie ziemi i rur, przed czym trzeba zabezpie-  
czać rury za pomocą uzbrojonego, otwartego u góry lub  
zamkniętego obramowania z betonu. Obramowanie takie lub  
też ewentualnie z tworzywa sztucznego, o wymiarach  $80 \times$   
 $\times 100 \text{ mm}$ , daje się co 5 m na dnie wykopu do kanalizacji.

### 3.1.2. Kanalizacja z rur zabetonowanych w ziemi [4] [11]

3.1.2.1. Kanalizacja z oddzielnie ułożonych rur. Ponieważ rury z twardego polichlorku winylu układane bezpośrednio w ziemi są stosunkowo drogie z powodu dużej grubości ścianki, w celu zmniejszenia ich kosztu w Anglii zastosowane w próbnym kanalizacjach rury o grubości ścianki 1,5-2,0 mm, które umieszczano w podstawkach z betonu mających wyżłobienia na rury, znajdujących się w odstępach co 1-1,5 m. Tak wytworzoną kratownicę z rur wypełniano następnie betonem, przy czym w celu uniknięcia odkształcania się rur wskutek tężenia betonu do uszczelnionych z jednego końca rur wtlaczano sprężone powietrze.

W ten sposób, po uprzednim połączeniu rur, można uzyskać jednolity ciąg kanalizacji dowolnej długości. Kanalizacja ta w warunkach angielskich jest ekonomiczna, jeżeli ma więcej niż dziewięć ciągów (układanych w trzech warstwach).

3.1.2.2. Kanalizacja z rur ułożonych w pęczek [11]. W celu zmniejszenia wykopu i zużycia betonu we Francji przyjął się inny sposób wykonywania kanalizacji tego typu, polegający na ułożeniu ściśle przylegających rur w pęczek, który jest w całości zalewany betonem. Początkowo stosowano do takiej kanalizacji rury o grubości ścianki 1 mm, które w celu uniknięcia odkształcania się w wyniku tężenia betonu trzeba było podczas układania utrzymywać pod ciśnieniem sprężonego powietrza, wtlacza-

nego do rur. Następnie zastosowano jednakże rury o grubości ścianki 1,5 mm, co umożliwiło wyeliminowanie wprowadzania do rur sprężonego powietrza oraz wykonywanie kanalizacji nie prostoliniowej, niemożliwej w przypadku kanalizacji z rur o mniejszej grubości ścianki.

Kanalizacja taka jest obecnie przyjęta we Francji jako typowa.

### 3.2. Kanalizacja kablowa rozdzielcza

W NRF rury z twardego polichlorku winylu o średnicy wewnętrznej 40 mm stosowane są również do kanalizacji rozdzielczej [7], którą w Anglii wykonuje się natomiast z rur z polietylenu niskociśnieniowego, jakkolwiek są one droższe niż rury z twardego polichlorku winylu [11]. Wyższą cenę rur z polietylenu, które ponadto muszą mieć grubszą ściankę wobec gorszych właściwości wytrzymałościowych, kompensuje bowiem mniejszy koszt układania kanalizacji rozdzielczej z tych rur.

Do przejść przez mury pożądane są rury z twardego polichlorku winylu o specjalnie otrzymywanej powierzchni chropowatej w celu lepszego połączenia rury z murem podczas zabetonowania otworu. Uszczelnianie kabla w rurze wykonuje się normalnie przyjętymi sposobami [7].

### 3.3. Przejścia przez drogi [7]

Także do przejść przez drogi stosuje się rury z twardego polichlorku winylu zamiast rur stalowych, żeliw-



nych lub innych. Jeżeli od przejścia nie wymaga się szczelności oraz jeżeli rury w przejściu wymagają łączenia, wykonuje się je za pomocą muf łączonych mechanicznie, podczas gdy połączenia szczelne wykonuje się przez klejenie.

Gdy występuje możliwość przesunięcia względem siebie połączonych rur wskutek nieodpowiedniego gruntu lub dużych nacisków, trzeba wtedy stosować specjalne, przystosowane do tego mufy.

### 3.4. Układanie na mostach [6], [12]

Dzięki zastosowaniu do układania kabli na mostach rur z tworzyw sztucznych zamiast rur stalowych lub żeliwnych uzyskuje się mniejsze obciążenie mostu, ułatwienie układania rur, zwiększenie trwałości kanalizacji, wyeliminowanie konserwacji rur oraz bardzo dobrą izolację elektryczną. Najlepiej nadają się do układania na mostach rury z polietylenu niskociśnieniowego, ponieważ dzięki dobrej elastyczności tworzywa, nie wymagają one specjalnych środków zabezpieczających przed stosunkowo znacznymi zmianami długości, występującymi podczas eksploatacji w wyniku dużego współczynnika temperaturowego rozszerzalności polietylenu. Ponadto dzięki dużej gładkości powierzchni nawet znaczne wygięcie rur, jeżeli jest ono niezbędne do ich ułożenia, nie przeszkadza w sposób istotny wciąganiu kabla do rury. Największą jednak zaletą jest możliwość dostawy rur w bardzo długich odcinkach, dzięki czemu ich łączenie staje się zbędne lub też

ogranicza się do kilku połączeń mechanicznych przy użyciu odpowiednich łączników. Końce kanalizacji uszczelnia się zwykłymi wkładkami i czyściwem lub podobnym materiałem, wkładanym na głębokość 50 cm, po czym w górnej powierzchni rury wycina się okienko i zalewa się wnętrze rury zalewą, zabezpieczając w końcu okienko obwojem z taśm przyklepnych. Rury z polietylenu zaleca się układać przy temperaturze 15°C, ponieważ im niższa jest temperatura, tym bardziej sztywne są rury, co utrudnia ich układanie.

Znacznie mniej korzystne do układania na mostach są rury z twardego polichlorku winylu, ponieważ wymagają one dużej liczby połączeń. Połączenia te muszą być mechaniczne lub z zastosowaniem łączników z uszczelkami gumowymi, z pozostawieniem w łącznikach odpowiedniego luzu z uwagi na znaczny współczynnik temperaturowy rozszerzalności tworzywa, uniemożliwiający w tym przypadku łączenie rur przez klejenie.

### 3.5. Kanalizacja podwodna [9], [12], [13]

Podobne do wyżej podanych względy czynią rury z polietylenu bardzo korzystnymi do kanalizacji podwodnej, przy przejściach przez strumyki i rzeki. Zależnie od warunków i sposobu układania stosuje się do tego celu rury o grubości ścianki 6,2; 8,2; 10 lub 12,7 mm, umieszczane na dnie albo w rowie o głębokości 2 - 5 m, który następnie jest zasypywany różnymi sposobami. Szczegóły układania kanalizacji podwodnej omówione są najobszerniej w artykule R. Föry [12].

## 4. TECHNOLOGIA ŁĄCZENIA RUR Z TWARDEGO POLICHLORKU WINYLU DO KANALIZACJI KABLOWEJ

### 4.1. Uwagi wstępne

Ponieważ od kanalizacji kablowej wymaga się wodo- i gazoszczelności w celu usunięcia przedostawania się do niej wód gruntowych, szlamu lub też wody i gazu z uszkodzonych rurociągów, ułożonych w pobliżu kanalizacji kablowej, rury z twardego polichlorku winylu powinny być łączone przez klejenie, które zapewnia odpowiednią szczelność. Połączenia takie wykonuje się bez użycia oddzielnych łączników, przez wsunięcie końca jednej rury do roztlóconego końca drugiej rury (połączenia kieli-chowe), albo za pomocą dwustronnych oddzielnych łączników. Połączenia śrubowe rur nie nadają się natomiast z powodu za dużej kruchości tych połączeń.

Wszystkie dotychczas stosowane kleje wymagały odpowiednio dokładnego pasowania rur i łączników do uzyskania właściwej wytrzymałości połączenia, co z kolei wymagało dodatkowego kalibrowania końców rur przez producenta lub użytkownika oraz wykonania łączników z małymi odchyłkami wymiarów, najlepiej sposobem formowania wtryskowego. Konieczność tego kalibrowania wynika z za dużych odchyłek średnicy i grubości ścianki produkowanych rur, szczególnie niekorzystnych u nas w kraju, ponieważ według PN-62/C-89200, na przykład, rury o średnicy wewnętrznej 80 mm i grubości ścianki 5,5 mm mogą mieć odchyłkę średnicy równą  $\pm 5,5$  mm i odchyłkę grubości ścian-



ki równą  $\pm 0,8$  mm. Są to oczywiście odchyłki znacznie za duże, gdyż w NRF rury produkowane są z odchyłkami tylko dodatnimi, nieprzekraczającymi w przypadku średnicy  $+(0,2+0,005 d)$  mm i grubości  $+(0,2+0,05 s)$  mm, gdzie  $d$  - znamionowa średnica zewnętrzna i  $s$  - znamionowa grubość ścianki. Także międzynarodowa norma ISO ustala znacznie mniejsze odchyłki rur, które ciągle są jednak za duże do łączenia przy użyciu dotychczas stosowanych klejów.

Jedynym sposobem usunięcia kłopotliwego kalibrowania rur jest produkowanie ich z tak zawężonymi odchyłkami, aby luz połączenia nie przekraczał  $+0,4$  mm oraz zastosowanie do łączenia specjalnego kleju o własnościach wypełniających. Takie rozwiązania zostały ostatnio opracowane w krajach kapitalistycznych, przy czym za najdogodniejszy sposób łączenia uważane jest łączenie za pomocą oddzielnych łączników, które w NRF są dostarczane wraz z rurą, po przyklejeniu na jednym jej końcu [10], [14].

Nie jest wykluczone, że trudności związanych z łączeniem przez klejenie można byłoby uniknąć przez zastosowanie do kanalizacji kablowej łączenia przy użyciu specjalnych łączników z uszczelkami gumowymi, które także zapewniają dużą szczelność połączenia, jeżeli rury i łączniki mają odpowiednio małe odchyłki wymiarowe, a więc jeżeli rury są kalibrowane. Możliwość takiego łączenia rur do kanalizacji kablowej wymaga jednakże sprawdzenia, gdyż za granicą nie wykonywano w ten sposób łączonej kanalizacji kablowej.

#### 4.2. Łączenie bez użycia oddzielnych łączników [15], [16], [17]

Jak wspomniano, ten sposób łączenia wymaga roztłoczenia i kalibrowania jednego końca rury oraz kalibrowania drugiego końca rury. Przed roztłoczeniem koniec rury musi być podgrzany na długości podanej w tabl. 1 do temperatury  $150^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$  w wannie z gliceryną, olejem lub piaskiem, w termostacie, w odpowiednim piecu mufowym albo palnikiem, przy czym czas podgrzewania w minutach powinien odpowiadać dwukrotnej grubości ścianki rury w milimetrach. Podanej temperatury nie należy przekraczać w celu uniknięcia rozkładu chemicznego polichlorku winylu.

Roztłaczanie i kalibrowanie wykonuje się na specjalnym urządzeniu z zaciskiem do umocowania rury i szybko przesuwным w kierunku osi rury suportem z umocowanym w nim trzpieniem do roztłaczania albo tulejką do kalibrowania, którymi odkształca się podgrzany koniec rury. Po odkształceniu koniec rury wraz z trzpieniem lub tulejką oziębia się przez polewanie wodą, po czym trzpień lub tulejkę zdejmuje się z rury. Ponieważ podczas oziębiania końca rury w tulejce zachodzi skurcz cieplny, zewnętrzna średnica końca rury jest zawsze nieco mniejsza niż wewnętrzna średnica tulejki, co zmusza do wymiarowania tulejki z uwzględnieniem tego skurczu. Wielkość skurczu zależy jednak od wielu przyczyn /temperatury i równomierności nagrzania końca rury, grubości ścianki rury i in./ i jest trudna do obliczenia, wskutek czego ustala się ją doświadczalnie. Natomiast wewnętrzna średnica

Długość końców rur podgrzanych do roztlóczenia [15]

Średnica zewnętrzna rury mm	Średnica wewnętrzna rury mm	Długość roztlózonego końca rury mm	Długość podgrzewanego końca rury mm
16	10	18	20
20	15	20	25
25	20	22	30
32	25	26	30
40	32	30	35
50	40	35	40
63	50	42	50
75	70	48	55
90	80	55	65
110	100	65	80
140	125	80	100
160	150	90	110

roztłózonego końca odpowiada prawie dokładnie zewnętrznej średnicy trzpienia do roztlóczania, z czego wynika, że w celu uniknięcia za dużego luzu między łączonymi końcówkami rur średnica wewnętrzna tulejki musi być większa niż średnica zewnętrzna trzpienia.

W celu uniknięcia trudności spowodowanych skurczem można pominąć roztlóczanie trzpieniem, zastępując je przez roztlóczanie końcem rury skalibrowanym za pomocą tulejki. Poza tym można kalibrowany tulejką koniec wyj-



mować z niej w stanie podgrzanym, gdy tworzywo jest jeszcze w stanie wysokoelastycznym, wykorzystując zjawisko przyjmowania przez odkształcony polichlorek winylu jego pierwotnego kształtu po ponownym nagraniu (tzw. pamięć kształtu), co jednakże w praktyce wymaga dużego doświadczenia.

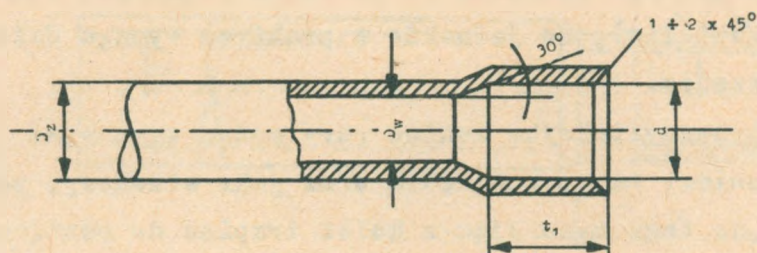
Kalibrowany tulejką koniec rury można wykonywać z przewężeniem, bez przewężenia oraz jako stożkowy, odpowiednio do tego wykonując z kolei trzpień do roztlaczania. Najwygodniejsze jest połączenie stożkowe, ponieważ ułatwia ono zdejmowanie trzpienia i tulejki z końców rur oraz zapewnia dostateczną wytrzymałość sklejonego połączenia, jeżeli podczas sklejania rury będą przez kilka minut /do czasu stwardnienia kleju/ dociskane wzdłuż ich osi. Nieco mniej dogodne jest połączenie z przewężeniem, które wykonuje się według D.F. Kagana zgodnie z danymi przedstawionymi w tabl. 2 - 5 /według zaleceń ISO długość roztlóczenia powinna wynosić  $0,5 D_z + 6 \text{ mm}$ /.

W celu ułatwienia wsuwania kalibrowanego końca do roztlózonego końca rury i uniknięcia ścinania warstwy kleju przez ostrą krawędź roztlózonego końca na końcu roztlóczonym i końcu kalibrowanym wykonuje się skos pod kątem  $30-45^\circ$ , z następnym zaokrągleniem, jak to pokazano na rysunkach tabl. 2 i tabl. 3. Do tego celu stosuje się frezy wielonożowe o kącie ostrza  $25-30^\circ$ , którymi skrawa się z szybkością 1500 obr/min.

Przed sklejeniem rur ich powierzchniom łączonym nadaje się chropowatość papierem ściernym, po czym powierzchnie te odtłuszcza się pędzlem lub watą zwilżoną aceto-

T a b l i c a 2

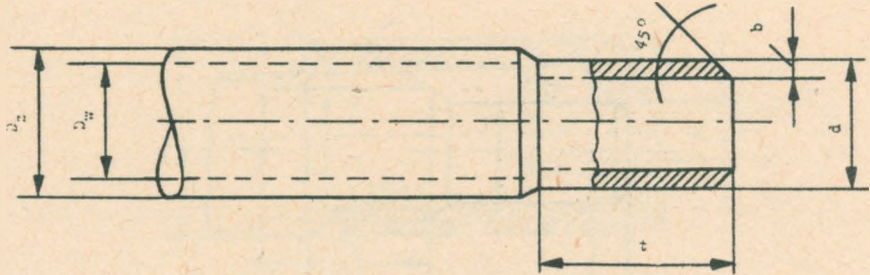
## Wymiary roztlóconego końca rury



$D_z$	$D_w$	d		$t_1$	
		znamio- nowa	dopuszczal- ne odchyłki	znamio- nowa	dopuszczal- ne odchyłki
16	10	16	-0,12	18	-1,0
20	15	20	-0,14	20	-1,0
25	20	25	-0,14	22	-1,0
32	25	32	-0,17	26	-1,0
40	32	40	-0,17	30	-2,0
50	40	50	-0,20	35	-2,0
63	50	63	-0,20	42	-2,0
75	70	75	-0,25	48	-3,0
90	80	90	-0,25	55	-3,0
110	100	110	-0,30	65	-4,0
140	125	140	-0,30	80	-4,0
160	150	160	-0,35	90	-5,0

nem. Takie przygotowanie powierzchni jest niezbędne do uzyskania zadowalającej wytrzymałości połączenia.

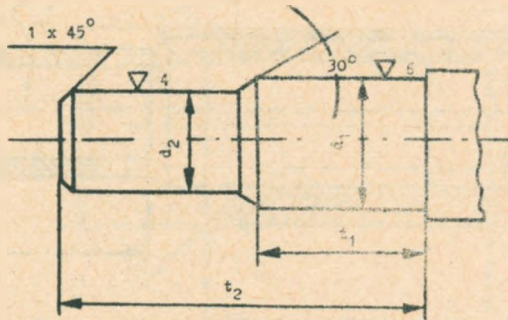
## Wymiary nieroztłoczonego końca rury



$D_z$	$D_w$	d		t		b
		znamio- nowa	dopusz- czalne odchyłki	znamio- nowa	dopusz- czalne odchyłki	
16	10	16	-0,12	18	+1,0	1,0
20	15	20	-0,14	20	+1,0	1,0
25	20	25	-0,14	22	+1,0	1,5
32	25	32	-0,17	26	+1,0	1,5
40	32	40	-0,17	30	+2,0	1,5
50	40	50	-0,20	35	+2,0	2,0
63	50	63	-0,20	42	+2,0	2,0
75	70	75	-0,25	48	+3,0	2,0
90	80	90	-0,25	55	+3,0	3,0
110	100	110	-0,30	65	+3,0	3,0
140	125	140	-0,30	80	+4,0	3,0
160	150	160	-0,35	90	+5,0	3,0

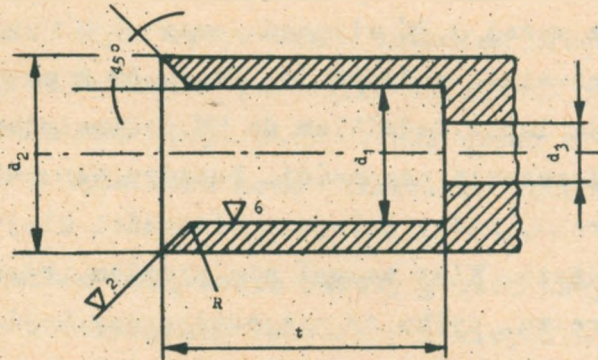


## Wymiary trzpieni do rozciągania



$D_z$	$D_w$	$t_1$		$t_2$	$d_1$		$d_2$
		znami- onowa	dopusz- czalne odchył- ki		znami- onowa	dopusz- czalne odchył- ki	
16	10	18	-0,5	40	16,02	-0,02	12
20	15	20	-0,5	45	20,02	-0,02	15
25	20	22	-0,5	50	25,02	-0,02	20
32	25	26	-0,5	60	32,03	-0,03	25
40	32	30	-0,5	70	40,03	-0,03	32
50	40	35	-0,5	80	50,03	-0,03	40
63	50	42	-0,5	100	63,03	-0,03	50
75	70	48	-0,5	110	75,04	-0,04	60
90	80	55	-0,5	120	90,04	-0,04	75
110	100	65	-1,0	130	110,04	-0,04	90
140	125	80	-1,0	150	140,05	-0,05	115
160	150	90	-1,0	180	160,05	-0,05	130

## Wymiary tulejek do kalibrowania



$D_z$	$D_w$	$t$		$R$	$d_1$		$d_2$	$d_3$
		znamiotowa	dopuszczalne odchyłki		znamiotowa	dopuszczalne odchyłki		
16	10	19,5	+0,5	1,5	16,02	+0,02	20	12
20	15	22	+0,5	2,0	20,03	+0,02	25	15
25	20	24	+0,5	2,0	25,04	+0,02	30	20
32	25	28	+0,5	2,0	32,07	+0,03	40	26
40	32	33	+0,5	3,0	40,10	+0,03	48	32
50	40	38	+0,5	3,0	50,15	+0,03	60	40
63	50	45	+0,5	3,0	63,20	+0,03	75	50
75	70	58	+0,5	4,0	75,25	+0,04	90	60
90	80	59	+0,5	4,0	90,30	+0,04	105	75
110	100	69	+1,0	4,0	110,35	+0,04	125	90
140	125	85	+1,0	5,0	140,40	+0,05	160	115
160	150	95	+1,0	5,0	160,50	+0,05	180	130

Do sklejania można stosować kleje o różnym składzie, z których dobre wyniki daje m.in. klej zawierający 14% superchloru winylu o zawartości 61-62% związanego chloru i co najwyżej 0,5% wilgoci oraz 86% chloru metylenu, ewentualnie z dodatkiem ftalanów w celu polepszenia adhezji lub z dodatkiem do 5% polimetylometakrylanu w celu polepszenia płynności. Ponadto korzystny jest dodatek styrenu, który polepsza własności kleju i skraca czas schnięcia. Klej nanosi się pędzlem, cienką, równomierną warstwą, tylko na nieroztłoczony koniec rury, po czym koniec ten wkłada się do roztłoczonego końca, unikając obracania rurą w celu uniknięcia powstawania pęcherzyków powietrza w warstwie kleju. Nadmiar kleju, wydostający się z zewnątrz rury, trzeba usunąć rozpuszczalnikiem zastosowanym do kleju, aby uniknąć jego działania na rury. Schnięcie kleju powinno przebiegać w temperaturze pokojowej, ponieważ podgrzewanie powoduje zwiększone parowanie rozpuszczalnika, co pogarsza szczelność i kruchość połączenia. Najszybciej schnie klej zawierający jako rozpuszczalnik chlerek metylenu, przy czym maksymalną wytrzymałość otrzymuje się po 24 godz. od wykonania połączenia. Czas ten można znacznie skrócić przez dodawanie do kleju styrenu.

Jeżeli luz między łączonymi końcami rur jest za duży (przy właściwym luzie nieroztłoczony koniec rury wchodzi swobodnie do  $1/3$  -  $1/4$  głębokości roztlóczenia i z dociskiem całkowicie), trzeba wtedy nanosić dwie warstwy kleju. Drugą warstwę nanosi się po 30-40 min, po całkowitym wyschnięciu kleju. Połączenia sklezione należy pozostawić w spokoju przez 2 godziny.



Na przebieg procesu sklejania mają duży wpływ temperatura i wilgotność otoczenia. I tak w dniach gorących należy uwzględnić zwiększone parowanie rozpuszczalnika, a w dniach zimnych zwiększenie lepkości kleju. Ponadto przy dużej wilgotności powietrza sklejanie jest utrudnione wskutek absorpcji pary wodnej przez klej, która w krańcowych przypadkach może całkowicie uniemożliwić sklejanie.

Wytrzymałość połączenia zależy przede wszystkim od ścisłego przestrzegania technologii klejenia oraz od wymiarów konstrukcyjnych połączenia, zwłaszcza głębokości roztłoczenia i luzu między łączonymi końcami rur oraz grubości łączonego materiału. Im mianowicie większa do pewnej granicy jest głębokość roztłoczenia, im mniejszy jest luz, im mniejsza jest grubość łączonego materiału oraz im lepsze jest przygotowanie powierzchni, tym lepsza jest wytrzymałość połączenia. Poza tym, oczywiście, zasadnicze znaczenie ma skład chemiczny kleju.

#### 4.3. Łączenie z użyciem łączników [10], [14]

Łączenie z użyciem dwustronnych cylindrycznych łączników jest znacznie korzystniejsze dla użytkownika, ponieważ w takim przypadku nie musi on kalibrować rur, które o odpowiednio małych odchyłkach średnicy i grubości ścianki dostarczane są przez producenta. Pracochłonność łączenia zmniejsza się dzięki temu o 50%, gdyż czynności podczas łączenia ograniczają się do nadania chropowatości powierzchni papierem ściernym, oczyszcze-

nia wnętrza łącznika i końców rur chlorkiem metylenu, posmarowania wewnętrznej powierzchni łącznika i zewnętrznej powierzchni końców rur klejem oraz wprowadzenia końców rur w łącznik do występu ograniczającego i przetrzymania łączonych elementów przez kilka sekund. Do łączenia tego jest niezbędny specjalny klej o właściwościach wypełniających, gdyż luz między łącznikiem i rurą może wynosić do 0,4 mm.

Najdogodniejsze dla użytkownika jest dostarczanie rur ze sklejonym na jednym końcu łącznikiem, jak to przyjęte jest w NRF.

#### 5. MOŻLIWOŚCI I ZAGADNIENIA EKONOMICZNE WPROWADZENIA W KRAJU KANALIZACJI KABLOWEJ Z RUR Z TWORZYW SZTUCZNYCH

Obecnie produkowane są w kraju rury ogólnego przeznaczenia w gatunku EZ z nieznacznie zmiękczonego (o zawartości 7% plastyfikatora) emulsyjnego polichlorku winylu oraz rury do instalacji wodociągowych i przemysłu spożywczego w gatunku nietoksycznym SP z niezmiękczonego suspensyjnego polichlorku winylu. Ponadto w przyszłości będą produkowane rury w gatunku E, prawdopodobnie z niezmiękczonej mieszaniny polichlorku emulsyjnego i polichlorku suspensyjnego, oraz rury w gatunku S, do instalacji przemysłowych ciśnieniowych, z niezmiękczonego suspensyjnego polichlorku winylu. Wszystkie te rury produkowane są z odchyłkami średnicy i grubości ścianki uniemożliwiającymi ich bezpośrednie łączenie za pomocą

klejenia przy użyciu łączników, w związku z czym obecnie jedynym sposobem łączenia rur do kanalizacji kablowej może być łączenie kiclichowe, wymagające przygotowania rur do łączenia przez użytkownika.

Niekorzystnie przedstawia się także aktualna cena rur w kraju, którą podano w tabl. 6, ponieważ przy tych cenach kanalizacja podziemna okazuje się ekonomiczną tylko w przypadku układania rur w pęczek, według metody przyjętej we Francji, do czego mogą być użyte rury z e-

T a b l i c a 6

Cena rur z polichloroku winylu w kraju

Średnica zewnętrzna rur w mm	Gatunek rur			
	E	EZ	S	SP
	Cena zł/kg			
5 - 40	28,60	44,60	38,00	48,00
50 - 75	25,50	28,00	37,00	40,00
90 -160	22,30	26,00	36,00	40,00

mulsyjnego polichloroku winylu. Natomiast kanalizacja, zwłaszcza wielociągowa, układana sposobem przyjętym w NRF okazuje się kilkakrotnie droższa niż z bloków cementowych, wobec czego układanie takiej kanalizacji, szczególnie pod jezdniami, może być celowe tylko w przypadku konieczności omijania innych urządzeń podziemnych, gdy koszty ich usuwania są bardzo duże.

Nieekonomiczność w kraju kanalizacji kablowej z rur układanych bezpośrednio w ziemi wynika przede wszystkim



T a b l i c a 7

Porównanie cen rur z polichloroku winylu  
i bloków cementowych do kanalizacji

Materiał kanalizacji	Liczba ciągów kanalizacji			
	1	2	3	4
	Cena zł/m			
Bloki cementowe	13,50	23,50	33,00	42,50
Rury z twardego polichloroku wi- nylu				
w gatunku S				
90 x 5,3 mm	68,40	136,80	205,20	273,60
90 x 3,2 mm	42,12	84,24	126,36	168,48
90 x 1,5 mm	20,16	40,32	60,48	80,64
w gatunku E				
90 x 5,3 mm	42,37	84,74	127,11	169,48
90 x 3,2 mm	26,09	52,18	78,27	104,36
90 x 1,5 mm	12,48	24,96	37,44	49,92

z zawyżonej ceny polichloroku emulsyjnego produkcji krajowej, wynoszącej 11 zł/kg, oraz z wysokiej ceny importowanego polichloroku suspensyjnego. W najbliższych latach ceny te powinny znacznie obniżyć się, gdyż produkcja polichloroku winylu ma wynosić w 1966 r. 60000 t, a w 1970 r. ponad 200000 t, w związku z czym cena polichloroku ma obniżyć się do 7 zł/kg. Taka obniżka cen musi przy tym nastąpić, ponieważ przy obecnych cenach tworzyw sztucznych stosowanie ich w wielu przypadkach jest nieopłacalne, wobec czego planowane zdolności pro-

dukcyjne mogą być nie wykorzystane ze względów ekonomicznych. Oczywiście również cena rur powinna wtedy znacznie zmniejszyć się, od czego będzie zależeć w dużej mierze rozpowszechnienie kanalizacji kablowej z polichlorku winylu.

Poza obniżką cen rur konieczne jest ponadto uruchomienie produkcji rur o odchyłkach wymiarowych nadających się do łączenia przy użyciu łączników klejowych albo z uszczelkami gumowymi, a także uruchomienie produkcji samych łączników oraz odpowiedniego kleju względnie uszczelek. Innym rozwiązaniem może być uruchomienie produkcji rur z końcami roztłoczonymi i kalibrowanymi, przygotowanymi do bezpośredniego łączenia.

#### WYKAZ LITERATURY

1. I.I. Grodniew, N.D. Kurbatow: Liniejnyje sooruzenja swiazi. Gosud. Izdat. Litier. po Woprosam Swiazi i Radio, Moskwa /1963/.
2. R. Stolze: Beitrag zu Erklärung der sogenannten Phenolkorrosion. Fernmelde-Praxis 39/1962/ /3/ 93/8.
3. W.T. Jervey: Concrete for cable conduit. Bell Labor. Rec. 39/1961/ /11/ 407/9.
4. Dąbrowiecki: Mechanizacja w budownictwie telekomunikacyjnym w Anglii. Wiadom. Telekomun. 2/1962/ /3/ 7/11.
5. E.W. Start: Thermoplastic conduit combats. Electr. World 153/1960/ /2/ 46/9.

6. H. Baunemann, R. Froning: Verwendung von Kunststoffrohren in Fernmeldebaudienst. Fernmelde-Praxis 41/1964/ /8/ 297/309.
7. W. Lubrich: Kunststoffrohre im Fernmeldebaudienst der Deutschen Bundespost. Fernmelde-Praxis 39/1962/ 416/21.
8. E. Sceda: Neuere Entwicklung in der Kabeltechnik. Fernmelde-Praxis 38/1961/ /11/ 401/24.
9. W. Müller, W. Meyer: Anwendung von Rohren grossen Durchmessers aus Hartpolyäthylen. Werkstoffe und Korrosion 15/1964/ /1/ 51/8.
10. G. Koslowski: Verwendung von Kunststoffrohren in Fernmeldebaudienst. Kleben und Haltern von PVC-Rohren. Fernmelde-Praxis 41/1964/ /20/ 790/2.
11. D.W. Stenson: Developments in ducts. Post Office Telecommunic. Journ. 16/1964/ /3/ 16/9.
12. R. Föry: Verwendung von Kunststoffrohren in Fernmeldebaudienst. Fernmelde-Praxis 41/1964/ /25/ 591/6.
13. Anon. Unterseeische Verlegung von Hochspannungskabeln in Kunststoff-Schutzrohren. ETZ-B 13/1961/ /14/ 386.
14. J. Brunner: Die neue kalibrierlose Klebeverbindungen von PVC-Rohren mit +GF + - M - Fittings aus Hart-PVC nach dem + GF + - System. Werkstoffe und Korrosion 14/1963/ /11/ 1012/3.



15. D.F. Kagan: Truboprowody iz twierdogo poliwinilchlorida. Izdat. Chimja. Moskwa /1964/.
  16. D.F. Kagan, S.W. Jechłakow: Issledowanje klejowych sojedinienij winilplastowych trub; Primienienje plastmassowych truboprowodow w sanitarnoj tiechnike. Sbornik 8, Gosizdat Litierat. po Stroitelstvu, Architekturie i Stroitelnyim Materialam, Moskwa /1961/.
  17. K. Krekeler, G. Wick: Kunststoff-Handbuch. Band II. Polyvinylchlorid. Teil 2. Verarbeitung und Verwendung von Kunststoffhalbzeugen. C. Hanser Verlag, München /1963/.
-

