

# OBRÓBKA RUREK SZKLANYCH (cz. III)

Opr. Jerzy Niebojewski

Po kilkakrotnym przerobieniu ćwiczeń w przecinaniu rurek w ogniu, w obtapianiu ich krawędzi i zatapianiu dna oraz po nabyciu w wykonywaniu tych czynności pewnej wprawy można przejść do następnego etapu obróbki rurek szklanych, a mianowicie do wyginania ich na gorąco.

Zdawałoby się, że wyginanie rurek jest czynnością dość łatwą, nie wymagającą stosowania specjalnych środków technicznych i zabiegów, w rzeczywistości jednak jest to proces technologiczny dość złożony i trudny do przeprowadzenia dla początkujących amatorów, wymagający dużej wprawy i zręczności oraz przerobienia wielu przygotowanych ćwiczeń.

Do wyginania, zwłaszcza w początkowej fazie ćwiczeń, najlepiej nadają się rurki grubościenne ze szkła sodowego o średnicy wewnętrznej 4—5 mm, odpowiednio oczyszczone i suche.

Przeznaczony do wygięcia kawałek rurki, po stopniowym nagrzananiu go aż do zmięknięcia szkła, wygina się z płomienia i zależnie od potrzeby wygina się go pod kątem rozwartym, prostym lub ostrym albo w kształcie litery „U” o różnym oddaleniu ramion (rys. 1-a, b, c, d, e).

Wygięcia mogą być łagodniejsze, o większym promieniu, i ostrzejsze, o mniejszym promieniu łuku. Oczywiście, że łatwiejsze do wykonania będą wygięcia o łagodniejszym łuku niż wygięcia o ostrzejszym łuku. Dobrze wygięta rurka nie powinna posiadać żadnych fałd ani załamań, a jej średnica powinna być w każdym miejscu zgięcia jednakowa.

Opanowywanie sztuki gięcia rurek najlepiej jest zacząć od wygięć łagodnych. W tym celu należy przygotować kilka rurek długości 200—250 mm każda oraz odpowiednią zatyczkę, uregulować płomień palnika na największą długość, ale o małym dopływie powietrza (długość płomienia będzie również za-

leżna od długości wygięcia, czyli od promienia łuku — im dłuższy łuk, tym większy płomień i odwrotnie).

Rurkę, zamkniętą z jednego końca zatyczką, po stopniowym nagrzananiu wprowadza się do płomienia „b” i obraca się nią tak długo, aż szkło zacznie mięknąć, po czym wyjmując się szybko z płomienia, przestaje obracać i lekko zgina aż do uzyskania pożądanego kształtu (rys. 2). W razie potrzeby, np. gdyby rurka uległa spłaszczeniu lub zwichrowaniu, to dla poprawienia błędu dmucha się w nią zaraz, ale niezbyt mocno i w ten sposób wyrównuje się zniekształcenie.

Jeśli wygięcie nie udało się nam, np. z powodu nierównomiernego nagrzewania ścianek rurki albo zbyt mocnego czy gwałtownego nacisku rąk w czasie zginania, to zabieg można powtórzyć na innym kawałku rurki.

Nieco trudniejszą czynnością będzie wygięcie rurki pod kątem prostym. Zabieg ten można wykonać w dwojaki sposób: albo nagrzać rurkę szklaną (stałe ją obracając) w krótszym aniżeli poprzednio płomieniu do temperatury topienia się szkła, po czym wyjąć ją szybko z płomienia i przestając obracać nieco rozciągnąć i zgiąć od razu pod kątem prostym i następnie zaraz dmuchać w otwarty koniec rurki (drugi koniec powinien być zamknięty zatyczką), aby wyrównać powstałe przy tym zniekształcenia (rys. 3). Dmuchać należy niezbyt mocno, aby nie rozszerzył z nadto średnicy rurki i aby nie wydmuchać na zgięciu otworu. Można też nagrzewać rurkę w krótkim płomieniu małymi odcinkami i stopniowo wyginać ją pod kątem prostym (rys. 3b). W tym wypadku promień łuku może być nieco większy niż poprzednio. W momencie wyginania, rurki nie obracamy, gdyż utrudniałoby to nam pracę ze względu na szybkie stygnięcie szkła.

Rurkę w miejscu wygięciem dla większej pewności (aby nie popękała) należy jeszcze wygrzać nad pło-

mieniem palnika, po czym okopcić ją nad świecą lub płomieniem nafotowym i odłożyć na bok, aż do zupełnego wystygnięcia szkła (rys. 4). Poprawnie wygięta rurka powinna mieć wygląd jak na rys. 1b. Jeżeli wygięcie nam się nie uda i zamiast prawidłowego łuku otrzymamy łuk zniekształcony (spłaszczony lub pofałdowany), to możemy takie nieudane zgięcie spróbować naprawić w następujący sposób: w małym płomieniu stopić fałdy, a spłaszczenie wyrównać przez dmuchanie.

Jest to zabieg dość trudny do wykonania, ale wykonując go cierpliwie możemy nauczyć się naprawiać błędy, nawet gdyby się nam to od razu nie udało.

W podobny sposób będziemy wyginać rurkę pod kątem ostrym, starając się przy tym o uzyskanie łagodnego zgięcia (o większym promieniu), a nie ostrego, co najczęściej powoduje zniekształcenie rurki i dalsze związane z tym kłopoty (rys. 5). Udane zgięcie (rys. 5a) należy wygrzać i okopcić jak poprzednio.

Znacznie trudniejsze od powyższych rodzajów wygięć będzie wyginanie rurki w kształcie litery „U”.

Przygotowaną rurkę (z zatkanym zatyczką końcem) ogrzewamy w dość długim płomieniu palnika (stale ją obracając) aż do zmięknienia szkła, po czym wyjmujemy ją z płomienia, nieco rozciągamy i wyginamy od razu do pożądanego kształtu, trzymając rurkę lewą ręką od spodu, a prawą z wierzchu i dmuchając w rurkę nieco mocniej niż poprzednio przy wyginaniu pod kątem prostym (rys. 6). Jeśli to wygięcie uda się nam zrobić poprawnie, to wygrzejemy je nad płomieniem, następnie okopcimy i pozostawimy aż do zupełnego wystygnięcia. Jeśli zaś się nie uda (a tak bywa najczęściej), to powtórzymy je na innym odcinku rurki tyle razy, aż uzyskamy wynik zadowalający.

Ramion zgiętej w ten sposób rurki nie należy dociągać do zupełnej równoległości, lecz trzeba pozostawić je lekko rozchylone, gdyż w czasie stygnięcia szkła same nachyła się do siebie i wyrównają tę różnicę.

Ostatnim wreszcie i najtrudniej-

szym ćwiczeniem w zginaniu rurek będzie zginanie rurki w spiralę (rys. 7). Ćwiczenie to można wykonać w dwojaki sposób. Pierwszy z nich będzie polegał na stopniowym nagrzewaniu w dość dużym płomieniu palnika ustalonych na oko odcinków rurki i lekkim ich zginaniu (małymi łukami) w pojedyncze zwoje spirali, bez rozciągania i dmuchania. Drugi zaś będzie polegał na ciągłym nagrzewaniu poszczególnych następujących po sobie odcinków rurki i powolnym nawijaniu ich na rurę metalową.

Sposób ten, choć wydaje się trudniejszy od poprzedniego, jest znacznie od niego ekonomiczniejszy, gdyż po nabyciu pewnej wprawy umożliwiałoby zwiniecie szklanej spirali w znacznie krótszym czasie i z większą dokładnością. Wymaga jednak przygotowania pomocniczych przyrządów i odpowiedniej długości grubościennych rurek (1400—1500 mm).

Trzeba więc przygotować rurę miedzianą lub mosiężną o  $\phi$  26 do 30 mm, długości 400—450 mm (grubość ścianek do 1,5 mm), statyw laboratoryjny z uchwytem oraz dwa okrągłe drewniane kołki o  $\phi$  23 mm i długości 200 mm każdy. Kołki te owinięte z jednego końca cienką tekturką azbestową wbija się następnie dość ciasno w oba końce rury tworząc z nich w ten sposób trzonki umożliwiające trzymanie i obracanie rury w czasie wyginania, a właściwie nawijania na nią spirali z rurki szklanej.

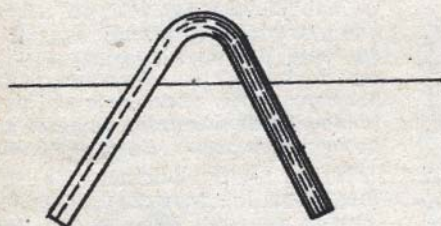
W przygotowanej w ten sposób rurze trzeba jeszcze wywiercić w pobliżu trzonka otwór o średnicy nieco większej od grubości rurki szklanej. W otwór ten będzie się wkładać zgiętą pod kątem prostym koniec rurki szklanej, by umożliwić nawijanie jej na rurę. Samą zaś rurkę trzeba umocować w uchwycie stalowym dość luźno, tak aby w czasie nawijania jej na rurę metalową przesuwiała się w uchwycie bez większego oporu. Rurka szklana powinna być nachylona ukośnie do powierzchni stołu i równoległe do dyszy palnika. Płomień palnika skierowany ukośnie do góry powinien być długi, z małym do-



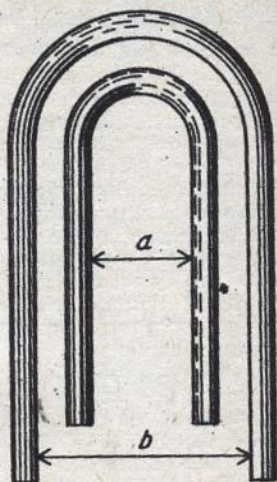
a - rozwartokątne



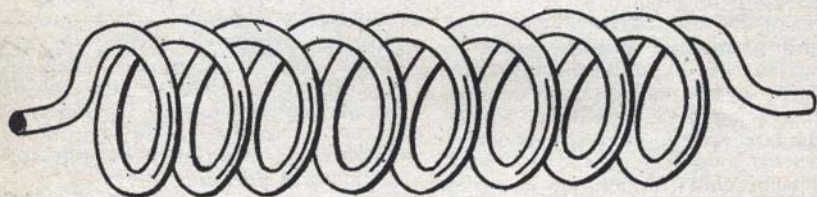
b - prostokątne



c - ostrokątne



d - w kształcie litery  
"U"



e - spiralne

Rys.1. Rodzaje wygięć

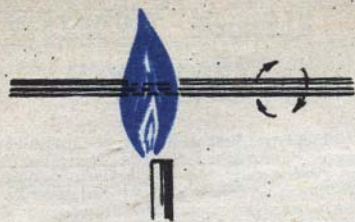


a - błędnie

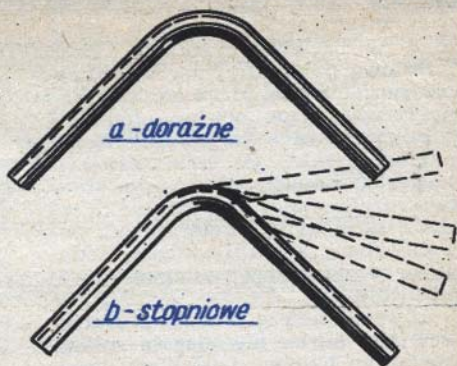


b - poprawnie

Rys.2.



Rys. 3.



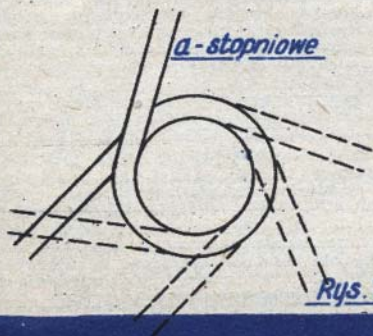
Rys. 4.



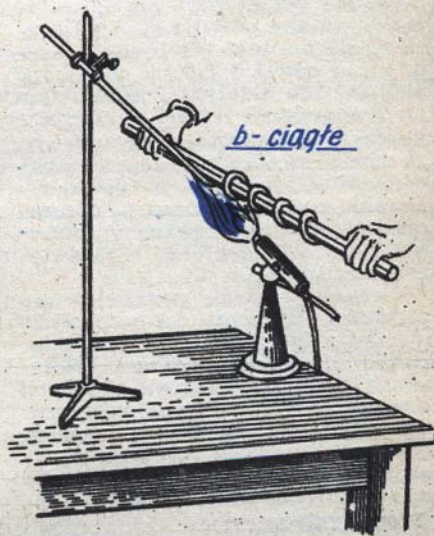
Rys. 5.



Rys. 6.



Rys. 7.



## KLEJENIE TWORZYW SZTUCZNYCH

plywem powietrza, i powinien obejmować częściowo rurę metalową i częściowo szklaną. Rurę metalową należy trzymać w położeniu poziomym oburącz za trzonki i nagrzewać stopniowo w płomieniu palnika razem z rurką szklaną. Po nagrzeniu szkła do stanu zaledwie miękkiego należy stopniowo obracać rurę metalową w kierunku od siebie do dołu i nawijać na nią powoli spiralę z rurki szklanej układając w jednakowej odległości zwoj od zwoju.

Szkła nie należy zanadto przegrzewać, aby rurka nie ulegała spłaszczeniu, co byłoby zjawiskiem wysoce niepożądanym i niemożliwym do poprawienia. Rurka powinna zachować swą okrągłość w każdym miejscu spirali. Nie należy również przegrzewać rury metalowej, gdyż szkło może się do niej przylepić i utrudnić następnie (po ostygnięciu) wysunięcie jej ze spirali.

Po wygięciu spirali trzeba rurę metalową stopniowo wycofać z płomienia i powoli ostudzić. Dobrze zwinięta spirala powinna się dać lekko zsunąć z rury metalowej dlatego, że współczynnik rozszerzalności metalu jest większy od współczynnika rozszerzalności szkła.

Należy przewidywać, że to pierwsze ćwiczenie w zginaniu spirali może się początkowo nie udać, że rurka szklana pozwija się i poskręca wcale nie tak, jak byśmy chcieli, może nawet i pęknąć w jakimś miejscu. Nie należy się jednak tym niepowodzeniem zrażać, a ćwiczenie jeszcze kilkakrotnie powtórzyć, zwracając szczególną uwagę na równomierność płomienia, na zharmonizowanie ruchów obu rąk w obracaniu rury metalowej i stan zmiękczenia rurki szklanej oraz na stawianie przez nią opór.

Nieudanej spirali poprawiać nie będziemy, gdyż nie da to pomyślnych wyników, a może tylko zniechęcić do dalszej pracy. Natomiast ściśle przestrzeganie podanych wskazówek i zachowanie kolejności operacji technologicznych pomoże nam w stosunkowo krótkim czasie nabrać trochę wprawy w zginaniu spiral i uzyskiwaniu coraz to lepszych wyników.

„Klejenie jest jednym ze sposobów łączenia tworzyw. Sztuka klejenia, mimo że jest znana od tysiącleci, ograniczała się do niedawna niemal jedynie do klejenia papieru i drewna. Klejenie innych tworzyw, jak metali, szkła, porcelany i tkanin, stosowano w niewielkim zakresie i to przeważnie do celów zdobniczych lub przy naprawie przedmiotów uszkodzonych. Do łączenia niedrewnianych części konstrukcji narażonych na działanie dużych obciążeń klejenia nie stosowano, używając innych sposobów łączenia, np. za pomocą kołków, gwoździ, śrub i nitów albo za pomocą zgrzewania, lutowania, spawania itp. Przyczyną niestosowania klejów była stosunkowo niska wytrzymałość i odporność ówczesnie znanych klejów roślinnych i zwierzęcych.

Obecnie gwałtowny rozwój przemysłu tworzyw sztucznych w ciągu kilku dekad lat umożliwił wynalezienie klejów syntetycznych, odznaczających się dużą wytrzymałością sklejania, dobrą przyczepnością do wielu tworzyw, odpornością na wodę, czynniki atmosferyczne i chemiczne. Obecnie nie ma prawie tworzywa, którego nie dałoby się skleić.

Wysoka wytrzymałość nowoczesnych klejów do metalu, wynosząca kilkaset  $\text{kg/cm}^2$ , pozwala im z powodzeniem konkurować z tradycyjnymi sposobami łączenia metali (jak np. spawanie i nitowanie) w budowie konstrukcji narażonych na działanie wielkich obciążeń zarówno statycznych, jak i dynamicznych. Kleje te znalazły obrzydnie zastosowanie w budowie nośnych konstrukcji samolotowych i raketowych, a ostatnio próbuje się kleić metalowe konstrukcje mostowe oraz podwozia ciężarowych samochodów.

Dotychczas panuje powszechne przekonanie, że klejenie jest zabiegiem bardzo prostym, sprowadzającym się jedynie do „posmarowania i przyklejenia”, w rzeczywistości jest to proces dość skomplikowany, wymagający znajomości własności powierzchni tworzywa klejonego, własności klejów, mechanizmu procesu utwardzania klejów, wytrzymałości spoiny klejowej i jej odporności na działanie czynników zewnętrznych itp. Zazwyczaj początkowo niepowodzenia w klejeniu przypisuje się złej jakości kleju, gdy w rzeczywistości przyczyną jest najczęściej nieumiejętność posługiwania się nim...”.

Drukowany powyżej tekst jest urywkiem z książki „Co i jak produkować z tworzyw sztucznych” (wyd. PWT), która ostatnio ukazała się w księgarniach. Miłośnicy majsterkowania znajdują w niej wiele cennych wskazówek dotyczących obróbki tworzyw, a między innymi ich klejenia i posługiwania się klejami syntetycznymi.