

TECHNOLOGIA KSZTAŁTOWANIA KOŃCÓWEK KABLOWYCH DO PODŁĄCZANIA APARATURY ROZDZIELCZEJ

Technology of forming of tubular cable lugs for connection to the switchgear

Andrzej KUBIT, Rafał KLUZ

Streszczenie: Kablowe końcówki rurowe służą do podłączania aparatury rozdzielczej. Zwiększają bezpieczeństwo, niezawodność połączenia i łatwość montażu. Ze względu na konieczność zapewnienia wysokiej przewodności i trwałości połączenia wykonywane są ze stopów miedzi. Nowe rozwiązania modułowej aparatury rozdzielczej wymuszają konieczność zmiany konstrukcji końcówek kablowych, co związane jest z koniecznością wytworzenia złączki o zwężonej części stykowej. Wymagany kształt uzyskiwany jest w wyniku obróbki skrawaniem, co nie sprzyja wysokiej wydajności ekonomicznej procesu i wiąże się z wysokim kosztem technicznym wykonania wyrobu, ze względu na znaczne straty materiału. W artykule opisano nową technologię kształtowania kablowych końcówek rurowych, opartą w pełni o kształtowanie plastyczne, co czyni tę technologię bardzo korzystną z punktu widzenia oszczędności materiału.

Słowa kluczowe: końcówki kablowe, przewężanie rur, kształtowanie stopu miedzi

Abstract: Tubular cable lugs are used to connect the switchgear. This type of cable lugs increase the safety, reliability, connectivity and ease of installation. Due to the requirement to ensure high conductivity and durability of the connection are made of copper alloys. New solutions of modular switchgear make it necessary to change the structure of tubular cable lugs, associated with the need to produce the coupling of the tapered section of the contact. The required shape is obtained by machining, which process is not cost-effective and involves a high cost of a technical embodiment of the device, due to significant losses of material. This paper describes a new technology tubular cable lugs based fully on the plastic working, which makes this technology very favorable from the viewpoint of material savings.

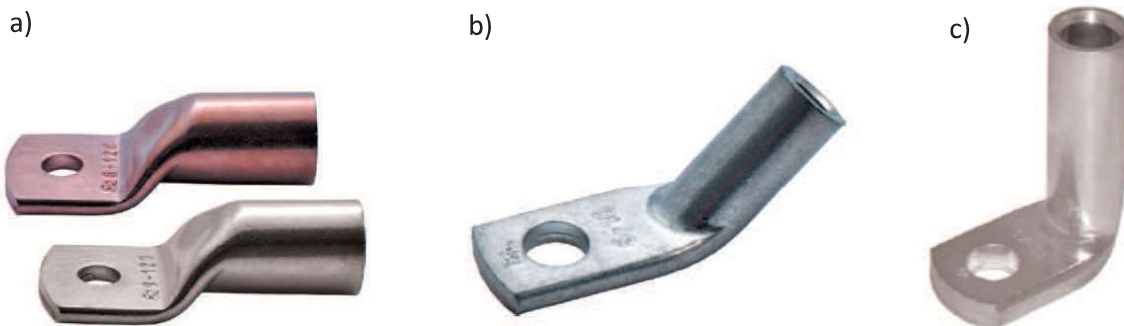
Keywords: tubular cable lugs, tube necking, forming a copper alloy

Wprowadzenie

Rurowe końcówki kablowe powszechnie stosowane są w instalacjach elektrycznych w celu podłączania przewodów miedzianych m.in. do rozdzielnic, szyn zbiorczych i zacisków aparatury. Grubościenna budowa omawianych końcówek wpływa na wzrost bezpieczeństwa i trwałości połączenia, dzięki ograniczeniu zjawiska przegrzewania się żył i izolacji przewodów. Najpowszechniejszym materiałem do produkcji końcówek tego typu jest stop miedzi cynowany galwanicznie o parametrach określonych na podstawie normy DIN. Przedstawiona technologia stosowana jest do rur miedzianych o zewnętrznych średnicach od $\varnothing 18$ do $\varnothing 32$.

Ze względu na wymagania eksploatacyjne końcówki rurowe dzieli się na płaskie (rys. 1a) oraz wykonane pod kątem 45° lub 90° (rys. 1b,c). Inny podział określa ilość otworów montażowych. Najczęściej są to końcówki jednootworowe, rzadziej dwuotworowe.

Ze względu na zakres napięć pracujących końcówek, na rynku oferowana jest szeroka gama wielkości opisywanych końcówek rurowych. W najprostszej formie, proces technologiczny końcówek rurowych polega na spłaszczeniu rury i wykrawaniu otworu. Wówczas szerokość części stykowej („płetwy”) ma większy wymiar od średnicy części cylindrycznej. Ze względu na ograniczanie przestrzeni zajmowanej przez instalacje elektryczne, istnieje wymóg kompaktowej organizacji układów (rozdzielnice, szyny



Rys. 1. Podstawowe typy kablowych końcówek rurowych [1]
Fig. 1. Basic types of tubular cable lugs [1]

zbiorcze). Stąd też w ostatnich latach rosnącą popularnością cieszą się końcówki kablowe ze zwężoną częścią stykową, które są alternatywą dla tradycyjnych końcówek rurowych (rys. 2).

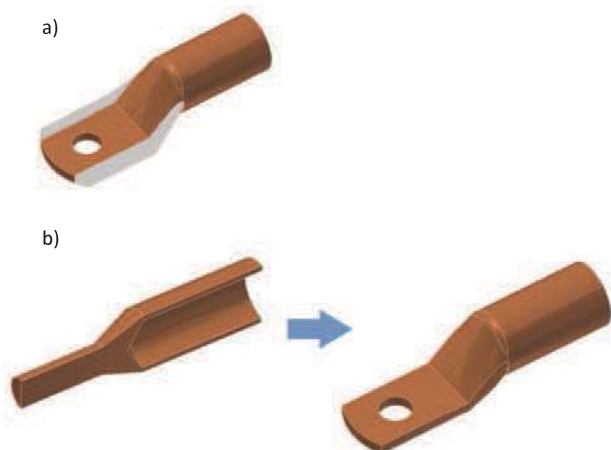


Rys. 2. Kablowa końcówka rurowa z przewężoną częścią stykową [1]
Fig. 2. Tubular cable lug with constricted contact part [1]

Opis opracowanej technologii

Celem pracy jest opracowanie efektywnej pod względem ekonomicznym technologii kształtowania końcówek rurowych ze zwężoną częścią stykową.

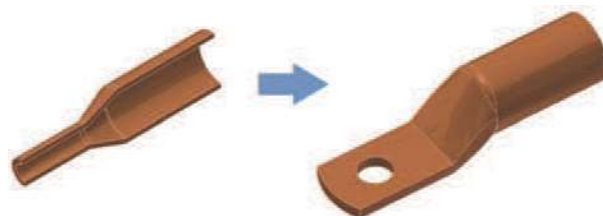
Przeгляд procesów technologicznych, stosowanych przez różnych producentów wykazał, iż najpowszechniej stosowaną operacją technologiczną w celu uzyskania przewężenia części stykowej jest obróbka ubytkowa. Przykładem takiego procesu jest frezowanie lub szlifowanie krawędzi przewężonej części stykowej, powstałej z rury o stałym przekroju (rys. 3a). Wadą takiego procesu jest przede wszystkim utrata materiału oraz czasochłonność związana z frezowaniem, ale także właściwości tak powstałego wyrobu charakteryzują się ograniczoną jakością ze względu na osłabienie części stykowej elementu



Rys. 3. stosowane technologie produkcji przewężonych końcówek rurowych: frezowanie (lub szlifowanie) szerokiej końcówki (a), kształtowanie końcówki z toczonego wałka (b)
Fig. 3. The production technologies of constricted tubular cable lugs: by milling (or grinding) wide part of lug (a) shaping the ends of turned shaft (b)

i możliwość jej rozwarstwiania. Inną technologią jest uzyskanie odpowiedniego kształtu z wałka (rys. 3b), gdzie w kolejnej operacji część cylindryczna o mniejszej średnicy zostaje spłaszczona w operacji obróbki plastycznej na zimno. Pod względem jakości wyrobu technologia ta umożliwia uzyskanie wysokich parametrów wytrzymałościowych oraz dobrej przewodności elektrycznej i cieplnej, jednakże ze zrozumiałych względów proces jest bardzo kosztowny, przez co znacząco ograniczone jest stosowanie końcówek wytwarzanych taką technologią.

W ramach pracy przedstawiono opracowaną technologię kształtowania końcówek rurowych ze zwężoną częścią stykową na podstawie rury o stałej średnicy, która to technologia oparta jest w całości o obróbkę plastyczną na zimno (poza operacją cięcia i fazowania). Jako zasadniczy cel przyjęto opracowanie operacji technologicznej, umożliwiającej wykonanie przewężenia rury metodą kształtowania plastycznego, będącej w dalszym etapie ukształtowaną w końcówkę kablową w wersji przewężonej (rys. 4).

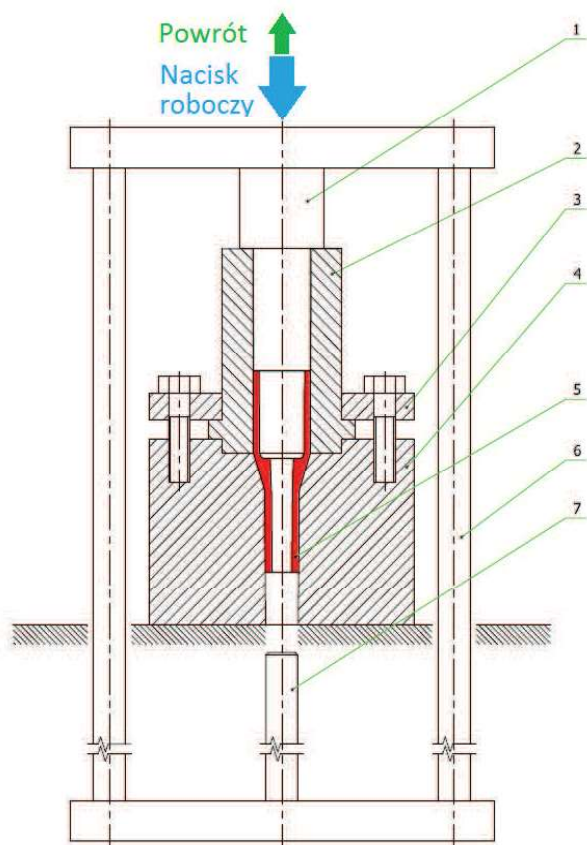


Rys. 4. Koncepcja kształtowania przewężonych końcówek rurowych ze zwężonej rury
Fig. 4. The concept of formation of constricted tubular cable lugs with a tapered pipe

Zaproponowane rozwiązanie układu kształtującego przedstawiono na rys. 5.

Głównymi elementami oprzyrządowania do zwężenia rur jest matryca (4), stempel formujący (1) oraz tuleja prowadząca (2). Zasada funkcjonowania oprzyrządowania jest następująca: rurę o stałej średnicy $D1$ umieszcza się w tulei prowadzącej (2). Wciskając stempel w tuleję prowadzącą z umieszczoną w niej rurą, formowany element wciskany jest do gniazda matrycy (4), a stożkowa część gniazda matrycy wywołuje proces zwężenia rury do wymaganej średnicy $D2$. Po uformowaniu odpowiedniej długości przewężonej części rury, stempel formujący (1) wprawiany jest w ruch powrotny wraz ze sprzężoną z nim ramą wypychającą (6). Rama wypychająca wyposażona w stempel wypychający (7) sprawia, że w ruchu powrotnym stempla wypychany jest ukształtowany detal (5). Dodatkowo układ wyposażono w pierścień dociskowy (3), uniemożliwiający względny ruch tulei prowadzącej i matrycy.

Opisane oprzyrządowanie przewidziano do pracy na prasie hydraulicznej. Zastosowano prasę o nacisku roboczym 40 t. W procesie stosowano smarowanie przy użyciu oleju mineralnego, a w rezultacie uzyskano oczekiwany detal. Nieprzewidzianym zjawiskiem okazało się



Rys. 5. Schemat oprzyrządowania do przewężania rur
Fig. 5. Scheme of instrumentation for the tube constricting

formowanie w części przewężonej rury stożka wewnętrznego, co ukazuje wykonany przekrój poprzeczny ukształtowanego detalu (rys. 6). Jednakże takie ukształtowanie okazało się korzystne z punktu widzenia kolejnych operacji procesu technologicznego. Rurę przewężoną poddano prześwietleniu rentgenowskiemu w celu określenia struktury wewnętrznej materiału w części zwężanej



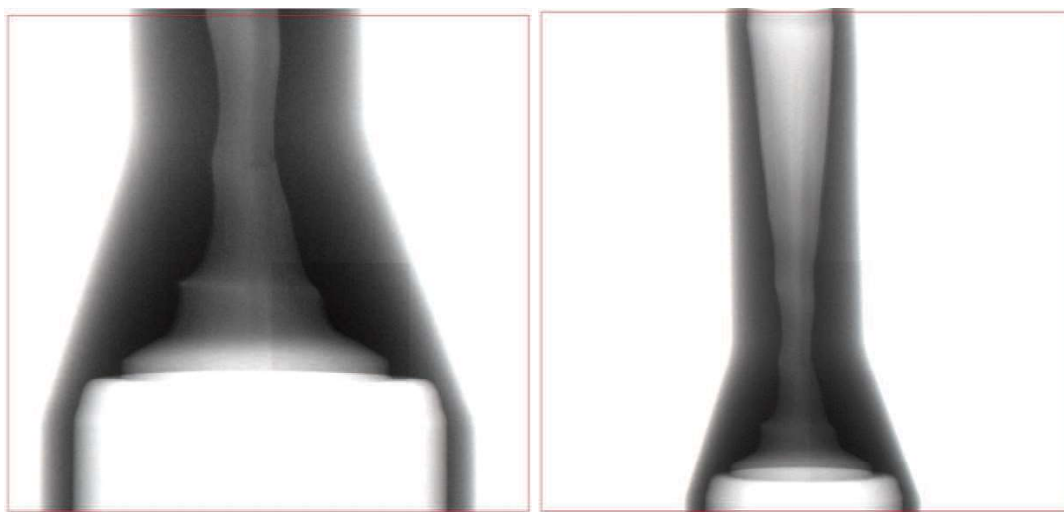
Rys. 6. Przekrój rury przewężonej obrazujący istnienie wewnętrznego stożka w części przewężonej
Fig. 6. A cross-section of the throat showing the existence of the internal cone of the throat portion

(rys. 7). Badanie przeprowadzono przy użyciu tomografu PHOENIX X/TOME/X S Firmy General Electric. Analiza wykazała, że ukształtowany element nie zawiera wewnętrznych wad.

Na rys. 8 przedstawiono półwyrob po wykonaniu części stykowej. Pozostałymi operacjami procesu technologicznego jest bębnowanie oraz cynowanie galwaniczne. W efekcie końcówki charakteryzują się korzystnym przekrojem, nie występuje tu niekorzystne zjawisko pocienienia ścianek.

Prezentowana metoda przewężania rur jest podstawą do dalszych analiz tego procesu.

Trwają prace nad określeniem granicznego stopnia przewężenia rury (maksymalnie dużego stosunku $D1/D2$), który można uzyskać omówioną metodą. W tym celu prowadzona jest analiza kształtu oraz parametrów matrycy takich jak struktura powierzchni kształtującej. Są to czynniki decydujące o końcowej jakości wyrobu [2]. W przypadku skrajnie dużego stosunku średnic, w omawianym procesie dochodzi właściwie do procesu



Rys. 7. Prześwietlenie RTG kształtowanego detalu
Fig. 7. X-ray of the shaped workpiece



Rys. 8. Końcówka kablowa przed operacją bębnowania
Fig. 8. Cable lug before barrel finishing

wyciskania, w którym istotnym czynnikiem wpływającym na przebieg procesu jest trajektoria przemieszczania się materiału wyciskanego [3, 4]. Prowadzona jest także analiza MES formowania przewężenia rury ze stopu miedzi. W ramach tej analizy określony zostanie wpływ geometrii matrycy na właściwości formowanego detalu [5].

Podsumowanie

W artykule pisano nowy proces technologiczny kształtowania kablowych końcówek rurowych, który cechuje się oszczędnością materiału oraz czasów technologicznych w porównaniu do alternatywnie stosowanych technik wytwarzania. Omówiona metoda przewężania rur prowadzi do znaczącej redukcji kosztów wytwarzania wyrobów, jakimi są kablowe końcówki rurowe z przewężoną

częścią stykową. Ograniczenie kosztów produkcji jest nieodzownym warunkiem do rozpowszechnienia kompaktowych układów stykowych, umożliwiających redukcję przestrzeni szyn rozdzielczych i innych zbiorczych układów elektrycznych.

LITERATURA

- [1] Katalog produktów firmy Ergom: Końcówki kablowe 2015.
- [2] Piwnik J. i in. 2013. „Analiza numeryczna wpływu współczynnika tarcia i geometrii matrycy na właściwości mechaniczne wyciskanych elektrod rurkowych”. *Tribologia* (1): 105–115.
- [3] Piwnik J. 2010. „Mechanika plastycznego płynięcia w zagadnieniach wyciskania metali”. Białystok: Wyższa Szkoła Ekonomiczna.
- [4] Piwnik J. 2010. „Teoria i eksperyment w analizie procesów wyciskania. Rozprawy Naukowe nr 200”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej.
- [5] Gavrus A., H. Francillette, D.T. Pham. 2012. “An optimal forward extrusion device proposed for numerical and experimental analysis of materials tribological properties corresponding to bulk forming processes”. *Tribology International*, vol. 47: 105–121.

Dr inż. Andrzej Kubit – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: akubit@prz.edu.pl

Dr inż. Rafał Kluz – Katedra Technologii Maszyn i Inżynierii Produkcji Politechniki Rzeszowskiej, al. Powstańców Warszawy 8, 35-959 Rzeszów, e-mail: rkktniop@prz.edu.pl