

Iwona Sulima¹, Andrzej Pilch²

Właściwości mechaniczne żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Miedź jest metalem o szerokim spektrum zastosowań w różnych gałęziach przemysłu, głównie w przemyśle budowy maszyn, elektrycznym i elektronicznym oraz w transporcie i budownictwie. Powszechne zastosowanie miedzi w przemyśle elektrotechnicznym warunkowane jest jej unikalnymi właściwościami, takimi jak wysoka przewodność elektryczna, duże przewodnictwo cieplne, podatność na przeróbkę plastyczną niezbędną przy wytwarzaniu drutów oraz wysoka odporność na korozję. Przewodność elektryczna zależy od czystości miedzi. Wszystkie domieszki, z wyjątkiem tlenu, w ilości do ok. 0,05% wag. obniżają przewodność elektryczną.

Omawiany metal charakteryzuje się niską wytrzymałością na rozciąganie, ale bardzo dobrymi właściwościami plastycznymi. Można ją umocnić tylko na drodze przeróbki plastycznej na zimno (zgniot). Ze wzrostem stopnia zgniotu następuje podwyższenie właściwości wytrzymałościowych przy obniżeniu właściwości plastycznych. Wskutek zgniotu wytrzymałość na rozciąganie miedzi zwiększa się z 25 MPa do około 400 MPa, ale wtedy przewodność elektryczna ulega zmniejszeniu do około 98% swej normalnej wartości, jaką posiada w stanie miękkim. Aby zwiększyć właściwości wytrzymałościowe miedzi, często stosuje się, równoległe z obróbką plastyczną na zimno, dodatki stopowe, które zwiększają wytrzymałość przy jednoczesnym niewielkim zmniejszeniu przewodności elektrycznej. Typowym reprezentantem tych dodatków jest kadm, którego dodatek w ilości 1% wag. zwiększa wytrzymałość na rozciąganie miedzi o ok. 50%, przy spadku przewodności spowodowanym tym dodatkiem rzędu ok. 8%.

Miedź jest najtańszym materiałem charakteryzującym się kowalnością, czyli łatwością formowania i walcowania. Do najważniejszych właściwości technologicznych miedzi zalicza się bardzo dużą podatność na przeróbkę plastyczną za pomocą walcowania, przeciągania, prasowania wypluwowego, kucia itp. [1–5].

¹ Instytut Techniki, Uniwersytet Pedagogiczny w Krakowie.

² TELE-FONIKA Kable S.A. w Myślenicach.

Metodyka badań

Na przykładzie dwóch wybranych produktów TELE-FONIKI Kable S.A w Myślenicach przeprowadzono badania właściwości mechanicznych żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych. Zakład ten specjalizuje się w produkcji kabli teleinformatycznych i telekomunikacyjnych wszystkich typów, m.in. miedzianych kabli telekomunikacyjnych, kabli teleinformatycznych (komputerowych) kategorii 5 i 6 oraz kabli światłowodowych.

Badania przy zastosowaniu próby rozciągania [6] dwóch gatunków żył miedzianych (czerwonej oraz zielonej) zostały przeprowadzone przy użyciu maszyny wytrzymałościowej ZWICK Z020. Badania przeprowadzono na próbkach z walcówki oraz drutu miedzianego o przekroju okrągłym. Skład chemiczny badanej miedzi zamieszczono w tabeli 1. Badania przeprowadzono na próbkach z walcówki o średnicy 7,960 oraz na drutach miedzianych o średnicach: 2,560 mm, 2,170 mm, 1,740 mm, 0,800 mm, 0,600 mm, 0,500 mm, 0,400 mm, 0,250 mm oraz 0,200 mm. Prędkość rozciągania wynosiła 100 mm/min., naprężenie wstępne $F_v = 1,5 N$.

Tab. 1. Skład chemiczny walcówki czerwonej i zielonej stosowanej do badań [7]

Rodzaj i cecha materiału	Skład chemiczny [ppm]												
	Ag	Bi	Pb	Sb	As	Fe	Ni	Sn	Zn	S	Se	Te	O ₂
Cu-ETP-1-8-CL czerwona	9	0,1	0,7	0,7	0,6	1,7	1,8	0,3	1,6	2,7	0,1	0,2	190
Cu-ETP-1-8-CL zielona	9	0,1	0,7	0,7	0,6	1,7	1,8	0,3	1,6	2,8	0,1	0,2	192

Wyniki badań oraz dyskusja

Tabela 2 oraz rysunek 1 zawierają uzyskane wyniki badań właściwości mechanicznych badanych gatunków żył miedzianych stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych. Otrzymane wyniki ze statycznej próby rozciągania wykazały, że walcówka czerwona charakteryzuje się większą wytrzymałością na rozciąganie (227,4 MPa) oraz wydłużeniem (51,5%) w porównaniu z walcówką zieloną ($R_m = 222,7 MPa$ oraz $A = 50,5\%$). Różnica właściwości spowodowana jest mniejszą ilością domieszek, takich jak tlen i siarka w składzie chemicznym walcówki czerwonej (tabela 1). Walcówka oznaczona kolorem czerwonym jest najczęściej wykorzystywana do produkcji kabli w zakładzie TELE-FONIKA Kable S.A. w Myślenicach. Wytwarza się z niej szeroki asortyment drutów o różnych przekrojach, ponieważ charakteryzuje się ona najlepszymi parametrami gatunkowymi dla produkcji drutu [7].

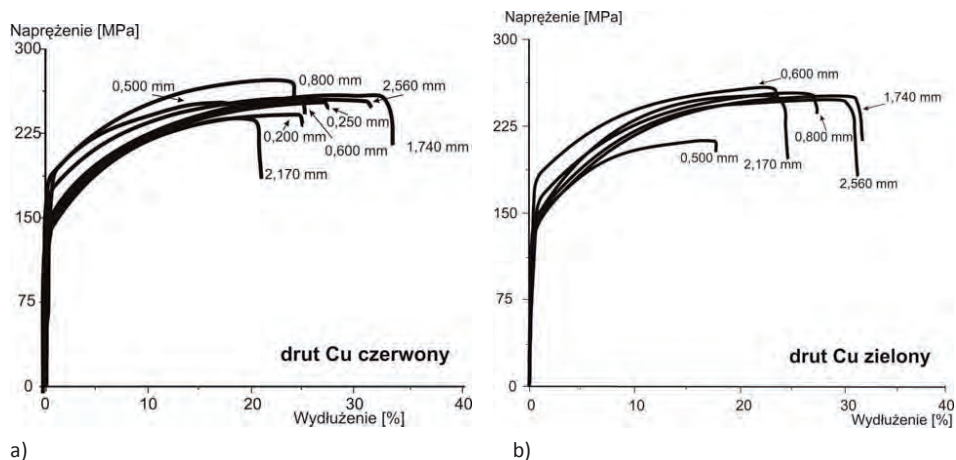
Dla drutu miedzianego czerwonego wyznaczano wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie w szerokim zakresie przekrojów 2,560–0,200 mm, przy czym wytrzymałość na rozciąganie zawierała się w granicach 255,5–266,0 MPa. Należy zaznaczyć, że wydłużenie drutu Cu czerwonego zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem przekroju (od 2,560 mm do 0,200 mm) odpowiednio od 34,4% do 26,3%.

Tab. 2. Wyniki badań właściwości mechanicznych dla dwóch gatunków żył miedzianych (czerwonej i zielonej) stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Lp.	Rodzaj materiału	Przekrój [mm]	Wytrzymałość [MPa]	Wydłużenie [%]
1.	walcówka czerwona	7,960	227,4	51,5
2.	walcówka zielona	7,960	222,7	50,5
3.	drut Cu czerwony	2,560	255,5	34,4
4.	drut Cu zielony	2,560	252,2	31,7
5.	drut Cu czerwony	2,170	251,9	22,4
6.	drut Cu zielony	2,170	252,2	24,4
7.	drut Cu czerwony	1,740	257,4	33,3
8.	drut Cu zielony	1,740	247,6	31,0
9.	drut Cu czerwony	0,800	263,1	23,1
10.	drut Cu zielony	0,800	256,5	27,3
11.	drut Cu czerwony	0,600	258,6	25,6
12.	drut Cu zielony	0,600	261,0	23,3
13.	drut Cu czerwony	0,500	248,8	17,7
14.	drut Cu zielony	0,500	270,1	20,5
15.	drut Cu zielony	0,400	228,6	16,8
16.	drut Cu czerwony	0,250	268,7	27,3
17.	drut Cu czerwony	0,200	266,0	26,3

Walcówka zielona jest również stosowana do produkcji kabli teleinformatycznych, jednakże jej zastosowanie jest ograniczone. Ze względu na gorsze parametry gatunkowe nie używa się jej do wytwarzania drutów o najmniejszych przekrojach (0,250 mm i 0,200 mm), ze względu na częste zerwania drutu w trakcie procesu ciągnięcia. W związku z tym, dla drutu Cu zielonego wyznaczono wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie tylko dla przekrojów: 2,560 mm, 2,170 mm, 1,740 mm, 0,800 mm, 0,600 mm, 0,500 mm oraz 0,400 mm, dla których wytrzymałość na rozciąganie wynosiła odpowiednio 252,2, 252,2, 247,6, 256,5, 261,0, 270,1, 228,6 MPa. Wydłużenie odpowiadające tym przekrojom (2,560–0,400 mm) wynosiło 31,7–16,8%.

Dla porównania, dla przekroju drutu miedzianego czerwonego 0,250 mm wydłużenie jest znacznie większe (27,5%) niż wydłużenie drutu miedzianego zielonego (16,8%) dla przekroju 0,400 mm. Dla drutu Cu zielonego o przekroju 0,400 mm wytrzymałość na rozciąganie oraz wydłużenie znacząco się obniżyły, co może świadczyć o tym, że wytworzenie takiego drutu o przekroju mniejszym niż 0,400 mm może powodować jego zerwanie podczas procesu ciągnięcia.



Ryc. 1. Krzywe rozciągania dla dwóch gatunków żył miedzianych: a) czerwonej oraz b) zielonej, stosowanych w produkcji kabli telekomunikacyjnych

Wnioski

1. Otrzymane wyniki próby rozciągania wykazały, że walcówka czerwona charakteryzuje się większą wytrzymałością na rozciąganie oraz wydłużeniem w porównaniu z walcówką zieloną.

2. Walcówka czerwona jest najczęściej wykorzystywana do produkcji kabli teleinformatycznych, ponieważ charakteryzuje się najlepszymi parametrami gatunkowymi do produkcji drutu i spełnia najwyższe normy jakościowe. Zastosowanie walcówki zielonej do produkcji kabli teleinformatycznych jest ograniczone, zwłaszcza do produkcji żył o bardzo małych przekrojach, ze względu na ich gorsze parametry gatunkowe.

Bibliografia

- [1] Kných T., Mamala A., Smyrak B., *Charakteryzacja miedzi beztlenowej z linii upcast, Rudy i metale nieżelazne*, 2007, nr 11 s. 797–806
- [2] Łatkowski A., Jarominek J., *Metaloznawstwo metali nieżelaznych*, Wyd. AGH, Kraków 1994.
- [3] Kurski K., *Miedź i jej stopy techniczne*, Wyd. „Śląsk”, Katowice 1967.
- [4] Korbel A., Bochniak W., Pawełek A., *Optymalizacja własności wytrzymałościowych i elektrycznych miedzi stopowych*, *Archiwum Hutnictwa*, t. 26, z. 2, PWN, Warszawa-Kraków 1981
- [5] PN-EN 1977 Miedź i jej stopy. Produkt do ciągnięcia z miedzi (walcówka)
- [6] PN-EN 10002-1:2002 Próba rozciągania
- [7] Dokumenty własne firmy TELE-FONIKA Kable S.A.

Podziękowanie

Autorzy pracy składają podziękowania Kierownictwu TELE-FONIKA Kable S.A. za udostępnienie materiałów do badań oraz umożliwienie wykonania badań mechanicznych.

Properties of conductors of a cable in production of cables for telecommunication applications

Abstract

The aim of the paper was investigation of mechanical properties of two grades of the copper conductor of a cable which find application in telecommunication cable production, for example TELE-FONIKA Kable S.A. products. Researches were conducted taking advantage of the static tensile test in order to determine the plastic and strength properties of copper, which have a great effect on the copper production.

Key words: copper conductor, tensile strength, elongation