



25 czerwca 2021
Gliwice

KATEDRA MATERIAŁÓW INŻYNIERSKICH I BIOMEDYCZNYCH
WYDZIAŁ MECHANICZNY TECHNOLOGICZNY
POLITECHNIKA ŚLĄSKA

STUDENCKA KONFERENCJA NAUKOWA

Badanie własności technologicznych drutów stalowych na zmodernizowanych stanowiskach do prób zginania i skręcania jednokierunkowego

P. Falkowska, M. Rejek, D. Tatar, K. Tobolik, M. Stachura, D. Werenc, J. Mazurkiewicz, A. Zarychta

Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Katedra Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, SKN Mikroskopii Światłowej i Elektronowej, Studenci Kierunku Inżynieria Materiałowa i Mechanika i Budowa Maszyn
email: Janusz.Mazurkiewicz@polsl.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań drutów stalowych w różnych stanach obróbki cieplnej w próbie technologicznej na skręcanie. Próby technologiczne służą do oceny własności technologicznych materiałów w postaci rur, drutów, prętów, blach czy taśm. Własności technologiczne są określane do specyficznych zastosowań danej postaci materiału. W przypadku drutów w zależności od tego w jakim stanie dostawy został on dostarczony własności technologiczne takie jak liczba skręceń, liczba przegięć mogą być mocno zróżnicowane co wykazano w niniejszej pracy. Uzyskane wyniki badań pozwoliły wykazać, że liczba skręceń drutów w stanie twardym jest ponad 230% mniejsza niż dla drutów w stanie miękkim co mocno wpływa na możliwości wykorzystania tego typu drutów do zastosowań w przemyśle. Potwierdzono także, że im mniejsza jest średnica drutu w danym stanie dostawy tym liczby skręceń są większe. Badania były wykonane w ramach realizacji projektu SKN pt. „Budowa stanowiska do badań technologicznych drutów wraz z badaniami przełomów i własności wytrzymałościowych” realizowanego ze środków pozyskanych w konkursie IDUB Politechniki Śląskiej.

Abstract: The article presents the results of tests of steel wires in various states of heat treatment in a technological torsion test. Technological tests are used to assess the technological properties of materials in the form of pipes, wires, rods, sheets or strips. Technological properties are determined for specific applications of a given form of material. In the case of wires, depending on the delivery condition, technological properties such as the number of twists and the number of bends can be significantly differentiated, as shown in this paper. The obtained research results showed that the number of twists in hard state wires is over 230% lower than for wires in soft state, which strongly influences the possibility of using this type of wires for industrial applications. It was also confirmed that the smaller the wire diameter in a delivery condition, the greater the number of twists. The research was carried out as part of the SKN project entitled "Construction of a stand for technological tests of wires together with research on fractures and strength properties" carried out with funds obtained in the IDUB competition of the Silesian University of Technology.

Słowa kluczowe: własności technologiczne materiałów, próba skręcania drutów, druty miękkie, druty twarde, badanie materiałów, obróbka cieplna drutów stalowych

1. WSTĘP

Próby technologiczne mają na celu sprawdzenie specyficznych własności danej postaci materiału (blach, taśm, kształtowników czy drutów) w zależności od stanu obróbki cieplnej samego materiału. Do najczęściej spotykanych prób technologicznych dla drutów należą próba dwukierunkowego przeginania, próba jednokierunkowego skręcania oraz próba nawijania drutu. Próbę jednokierunkowego skręcania wykonuje się dla drutów o średnicy od 0,3 do 10 mm i służy ona do oceny podatności na odkształcenia plastyczne drutu w stanie dostawy. Pozwala na wykrycie niejednorodności w materiale, wad struktury materiału oraz błędów obróbki cieplnej i plastycznej. Poniższy artykuł przedstawia rezultaty pracy nad projektem SKN Mikroskopii Świetlnej i Elektronowej polegającym na uruchomieniu dwóch stanowisk badawczych do prób technologicznych drutów. Wykonane prace pozwoliły na uzyskanie ciekawych pod względem dydaktycznym stanowisk technologicznych, na których studenci mogą poznać wpływ obróbki cieplnej i plastycznej (np. przeciągania) drutów na ich strukturę i własności mechaniczne oraz technologiczne. Po testach technologicznych dokonano analizy przelomów uzyskanych w w/w próbach w skaningowym mikroskopie elektronowym oraz na mikroskopie cyfrowym.

2. METODYKA BADAŃ

Badania skręcania jednokierunkowego polegają na skręcaniu próbki drutu o określonej długości L (w zależności od materiału i jego średnicy – tab. 1), która jest zamocowana w uchwytach skrecarki (rys.1). Uchwyt skrecarki jest wstępnie napięty siłą Q (stałe obciążenie rozciągające, wystarczające do jej wyprostowania, ale nie przekraczające 2% wartości nominalnego obciążenia zrywającego drut) ze stałą prędkością do momentu pęknięcia, bądź osiągnięcia oczekiwanej liczby skręceń. Dla analizowanych próbek zastosowano obciążenie 5N. Tego typu próby ujmowały polskie normy np. PN-75/M-80003, a także normy branżowe.

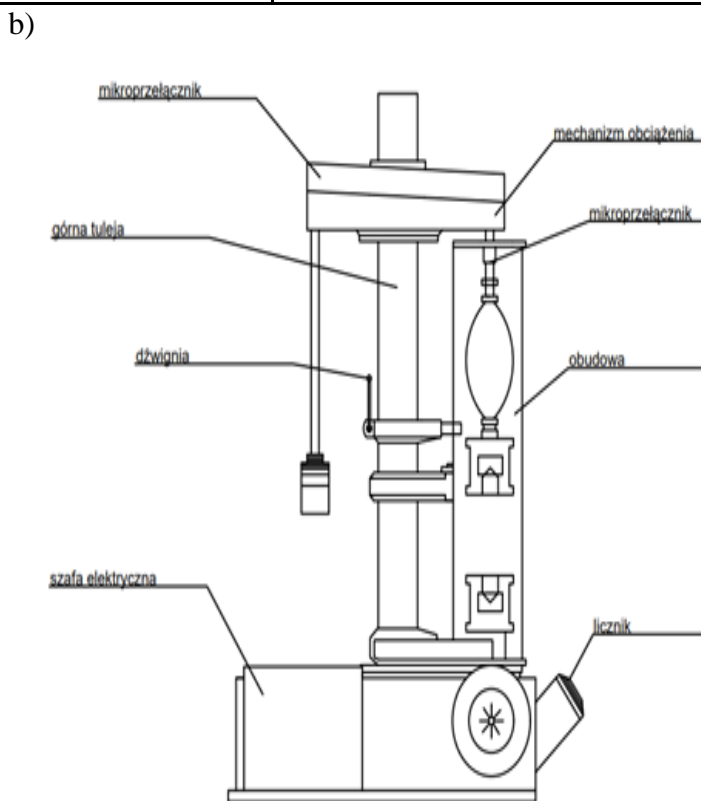
Tablica 1. Odległość L między zaciskami w zależności od średnicy d drutu [mm]

Średnica nominalna d [mm]	Odległość L między zaciskami [mm]
$0,3 \leq d < 1$	200 d
$1 \leq d < 5$	100 d
$5 \leq d$	50 d

Aktualnie ww. normy mają status archiwalnych. Próby skręcania drutów przeprowadzono w temperaturze 23°C. Próbki drutu o odpowiedniej długości, w tym przypadku 200x lub 100x średnica drutu, zamocowano w uchwycie samocentrującym z jednej strony nieruchomym i poddanym obciążeniu 5N, a z drugiej strony obracającym się z prędkością 60 obr/min dla próbek o średnicy powyżej 1 mm i 180 obr/min dla próbek o średnicy poniżej 1 mm. Prędkość skręcania musi być ustalona w zależności od średnicy drutu i jego materiał, zalecenia te są podane w tablicy 2. W niniejszej pracy wykonano badania drutów o średnicy $d = 0,8; 1,0, 1,2, 1,4$ i $1,6$ mm po 7 próbek dla każdej średnicy. Badania wykonano na stanowisku badawczym przygotowanym w ramach w/w projektu SKN, który udostępniono do celów dydaktycznych dla studentów Wydziału Mechanicznego Technologicznego. Druty do badań w różnym stanie dostawy (miękkie i twarde) pozyskano od producenta Firmy Urban-Metal Sp. z o.o. z Rachowic. Badania prowadzono na drutach stalowych gołych (niepokrywanych) o przekroju

Tablica 2. Prędkość skręcania w zależności od średnicy drutu i rodzaju materiału

Średnica d [mm]	Maksymalna liczba skręceń na sekundę		
	Stal	Miedź i stopy miedzi	Aluminium i stopy aluminium
$d < 1$	3	5	1
$1 \leq d < 3,0$	1	2	
$1,5 \leq d < 3,0$	1	1,5	
$3,0 \leq d < 3,6$		1	
$3,6 \leq d < 5,0$			
$5,0 \leq d < 10,0$	0,5	0,5	



Rys. 1. a) Odnowiona skręcarka do drutów w czasie wykonywania badań, b) schemat stanowiska badawczego

okrągłym, ciągnionych na zimno ze stali niestopowej niskowęglowej ($C_{max} = 0,10\%$) ogólnego przeznaczenia, wykonanych zgodnie z normą PN-EN 10218-2 ze stali S235JRG2 (wg PN-EN 10025). Druty twarde są utwardzone w wyniku procesu ciągnięcia, bez obróbki termicznej. Wytrzymałość na rozciąganie drutów twardych zawiera się w granicach od 525 do 1060 MPa, co sprzyja procesom gięcia na dalszych etapach obróbki, jednocześnie zapewniając dobrą sztywność wykonanych elementów. Podstawowe zastosowania tego rodzaju drutu to siatki, sita, gwoździe oraz elementy gięte dla przemysłu meblarskiego i budowlanego. Druty miękkie zostały poddane obróbce cieplnej po procesie ciągnięcia - wyżarzaniu. Dzięki niskiej wartości

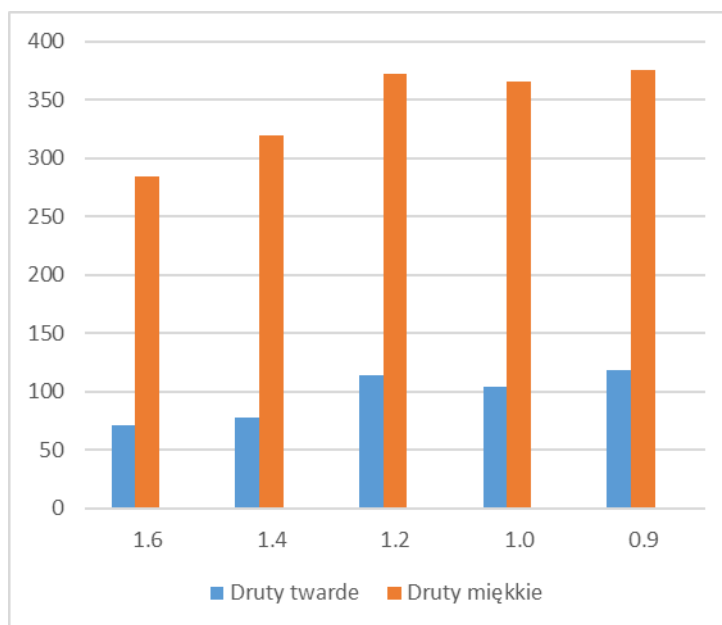
R_m (w granicach 330-450 MPa) drut ma możliwość wielokrotnego odkształcania plastycznego bez pęknięcia. Drut jest wyżarzany w atmosferze beztlenowej w temperaturze ok. 740 °C. Typowe zastosowania: drutów miękkich to wiązania elementów zbrojarskich w budownictwie, w plantacjach uprawy warzyw i owoców oraz przy wytwarzaniu wieńców ozdobnych gdzie duża liczba skręceń w niniejszej próbie jest oczekiwana. Badania prowadzono pod kątem oceny plastyczności technologicznej analizowanych drutów (przydatności drutu o procesy technologicznego np. w/w). Strukturę przelomów i ewentualne wady analizowano w skaningowym mikroskopie elektronowym Supra 35 i na mikroskopie cyfrowym DVM6 firmy Leica.

3. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W ramach niniejszej pracy wykonano badania liczby skręceń dla wszystkich analizowanych próbek w stanie miękkim oraz twardym. Wyznaczono wartości średnie maksymalnej liczny skręceń dla poszczególnych drutów co przedstawiono w tablicy 3 i na rys. 2.

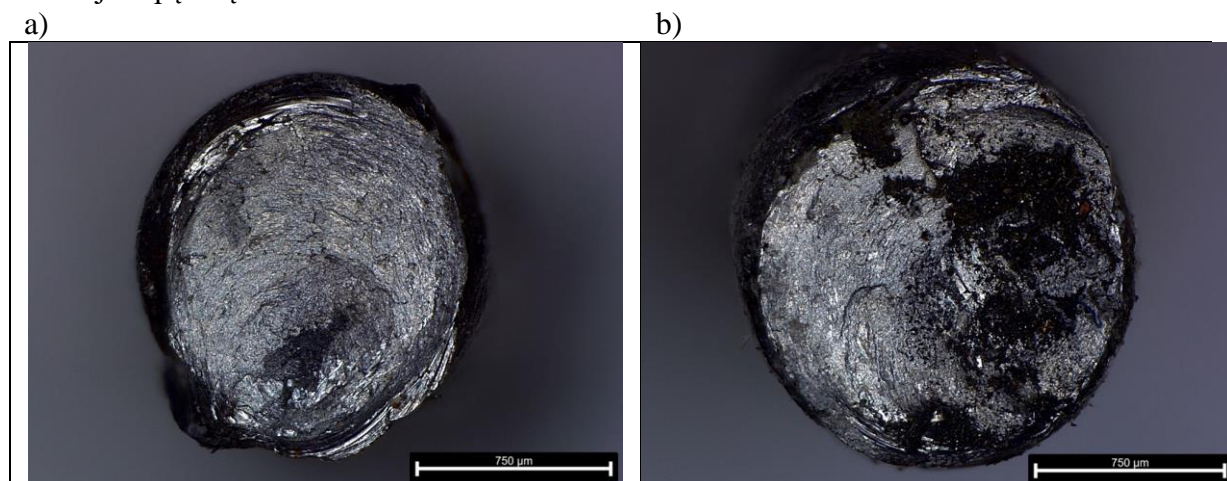
Tablica 3. Wyniki średniej liczby skręceń dla analizowanych drutów

Druty twarde		Druty miękkie	
Średnica drutu [mm]	Średnia liczba skręceń	Średnica drutu [mm]	Średnia liczba skręceń
1.6	71	1.6	285
1.4	78	1.4	320
1.2	114	1.2	372
1.0	104	1	366
0.8	118	0.8	376



Rysunek 2. Porównanie wyników badań liczny skręceń dla drutów w stanie miękkim i twardym

Wyniki uzyskanych badań wyraźnie wskazują, że druty miękkie mają co najmniej o 230% większą dopuszczalną liczbę skręceń niż druty twarde. Różnica dla każdej średnicy jest wielokrotna na korzyść drutów wyżarzonych. Także zmniejszenie średnicy drutu wyraźnie wpływa na jego plastyczność i zwiększenie maksymalnej liczby skręceń. Widoczna na rys. 3 struktura przełomów drutów miękkich i twardych o średnicy 1,4 mm prezentuje zdecydowanie większą plastyczność drutów miękkich, która objawia się silnym odkształceniem oraz zmniejszeniem średnicy drutu w miejscu zerwania (na długości ok 3-5 mm od przełomu). W przypadku drutów twardych obszar uplastycznienia przełomu ogranicza się do ok. 0,8-1,2 mm od miejsca pęknięcia.



Rysunek 3. Struktura przełomu drutów po próbie skręcania obserwowana pod mikroskopem cyfrowym przy powiększeniu 130x a) dla próbki 1,4 M, b) dla próbki 1,4 T

4. PODSUMOWANIE

W ramach niniejszej pracy przedstawiającej wyniki realizacji projektu SKN Mikroskopii Światłowej i Elektronowej uzyskano zmodernizowane stanowisko dydaktyczne do badań technologicznych drutów spełniające współczesne normy BHP. Stanowisko pozwala na naukowe ujęcie różnic we własnościach drutów twardych, miękkich i półmiękkich stosowanych na różne elementy i półprodukty w przemyśle i budownictwie.

Wykonane badania wybranych drutów w stanie twardym i miękkim ze stali S235JRG2 ujawniły duże różnice w plastyczności materiału w zależności o technologii ich wytwarzania i obróbki cieplnej. Wyżarzanie drutów po obróbce plastycznej ciągnięcia zwiększa plastyczność drutu i dopuszczalne liczby skręceń o ok. 230%.

Literatura

1. R. Skoblik, L. Wilczewski, *Technologia Metali*. Gdańsk : Politechnika Gdańska, 2006
2. M. Suliga, *Analiza wielostopniowego ciągnięcia drutów stalowych z dużymi prędkościami wciągadłach konwencjonalnych i hydrodynamicznych*”, Politechnika Częstochowska, Częstochowa 2013;
3. E. Hadasik, Z. Pater, *Obróbka plastyczna. Podstawy teoretyczne*, Wyd. Pol. Śl., Gliwice, 2013