

TADEUSZ LAMBER, JÓZEF WOJNAROWSKI

MECHANICZNE METODY POMIARU OSIOWYCH NAPRĘŻEŃ WŁASNYCH
W DRUTACH STALOWYCH

Streszczenie: W pracy przeprowadzono pomiar naprężeń własnych w warstwach zewnętrznych drutów ze stali D75A, D85A i N10E¹⁾. Do pomiaru zastosowano metody: wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu, wzdłużnego rozcinalnia końca drutu oraz nacinania poprzecznych rowków w drucie. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że metoda wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu daje największe, natomiast metoda nacinania poprzecznych rowków najmniejsze wartości naprężeń własnych. Ponadto omówiono warunki, które powinny być zachowane przy stosowaniu poszczególnych metod.

1. Wstęp

W wyniku procesu ciągnięcia drutów stalowych powstają w nich naprężenia własne [1]. W warstwach zewnętrznych drutu osiowe naprężenia własne z reguły wywołują rozciąganie [2]. W przypadku obciążeń zmiennych jest to szczególnie niekorzystne z uwagi na fakt, że naprężenia wywołujące rozciąganie podwyższają naprężenia średnie warstw zewnętrznych, a przez to obniżają ich wytrzymałość zmęczeniową [3]. Dla oceny długotrwałości pracy elementów wykonanych z drutów niezbędna jest znajomość naprężeń własnych w warstwach zewnętrznych. Z tych względów zrozumiałym jest poszukiwanie prostych metod wyznaczania naprężeń własnych w warstwach zewnętrznych.

Po raz pierwszy rozważania na temat naprężeń własnych, które powstają wskutek zginania plastycznego przeprowadził A. Wöhler [4], a w r. 1887 N.W. Kałakucki podał i uzasadnił metodę wyznaczania naprężeń własnych w prętach okrągłych i rurach grubościennych [5]. Dalszy rozwój metod wyznaczania naprężeń własnych omówił szczegółowo Cz. Kłosek [6], a ostatnio szereg innych autorów [7, 8, 9]. Przegląd zagadnień wskazuje, że ich znajomość nie jest wcale dostateczna. Dodatkową trudność stwarza oddzielenie wpływu naprężeń własnych od innych czynników, które często towarzyszą procesowi powstawania tych naprężeń.

Celem niniejszej pracy jest porównanie osiowych naprężeń własnych w drutach stalowych wyznaczonych różnymi metodami mechanicznymi.

¹⁾Oznaczenia wg PN-65/M-80057.

2. Opis zastosowanych metod mechanicznych

Przegląd metod doświadczalnej analizy naprężeń własnych wskazuje na ciągły rozwój tej dziedziny badań. W zakresie różnorodnych metod pomiaru naprężeń własnych drutów, dużą rolę odgrywają proste metody mechaniczne. Polegają one na zaburzeniu stanu równowagi naprężeń własnych co wywołuje taką zmianę kształtu, przy której ustala się nowy stan równowagi naprężeń własnych. Sposób zaburzenia stanu równowagi naprężeń własnych może wyznaczyć metodę pomiaru tych naprężeń. W pracy zastosowano trzy rodzaje zaburzenia rozkładu naprężeń własnych w drucie, ustalając następujące metody pomiaru:

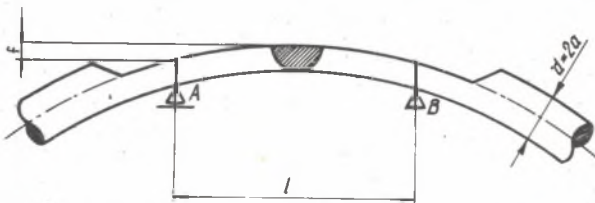
- metodę wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu [1]
- metodę wzdłużnego rozcinania końca drutu [10]
- metodę nacinania poprzecznych rowków w drucie [2].

Wyznaczenie naprężeń własnych w oparciu o wymienione metody związane jest z następującymi założeniami:

- 1° stan naprężeń własnych jest osiowo symetryczny
- 2° naprężenia obwodowe nie wpływają na ugięcie drutu
- 3° uwzględnia się tylko naprężenia osiowe $\sigma_{33} = \sigma_{zz}(r)$
- 4° ugięcie drutu następuje bez udziału siły poprzecznej
- 5° rozkład osiowych naprężeń zmienia się liniowo wraz z promieniem drutu.

2.1. Metoda wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu

Sposób wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu opiera się na metodzie Sachsa-Linicusa i polega na naruszeniu stanu równowagi naprężeń własnych przez zeszlifowanie drutu na określonej długości aż do połowy średnicy.



Rys. 1. Odkształcenie drutu po wzdłużnym zeszlifowaniu do połowy średnicy

Wskutek ustalenia się nowego stanu równowagi naprężeń własnych pozostała część drutu doznaje zgięcia, które można określić promieniem krzywizny ρ lub strzałką ugięcia f (rys. 1). Przy podanych założeniach upraszczających naprężenia własne w warstwach skrajnych wynoszą [1]:

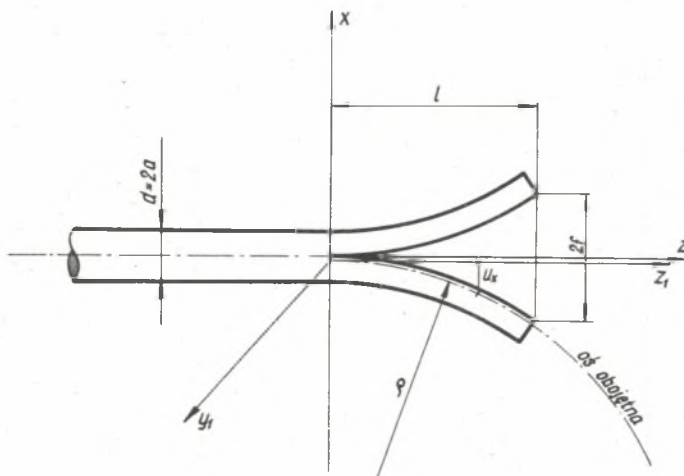
$$\sigma_{zz}(a) = \frac{48 E I_y}{l^2 \cdot a^3} \cdot f, \quad (1)$$

gdzie:

- E - moduł Younga
- I_{y_1} - moment bezwładności pola poprzecznego pozostałego przekroju drutu względem osi obojętnej y_1
- l - długość pomiarowa drutu,
- a - promień drutu ($2a = d$)
- f - strzałka ugięcia próbki po jej zeszlifowaniu do połowy średnicy.

2.2. Metoda wzdłużnego rozcinania końca drutu

W metodzie tej zaburzenie stanu równowagi naprężeń własnych polega na przecięciu wzdłużnym końca drutu na pewnej długości l . Prowadzi to do ustalenia się nowego stanu równowagi naprężeń własnych, któremu odpowiada określony stan odkształcenia przejawiający się rozchyleniem końców drutu względem siebie na odległość $2f$ (rys. 2).



Rys. 2. Rozchylenie końców drutu po wzdłużnym rozcięciu

Jeśli zgodnie z podanymi założeniami przyjmiemy, że osiowe naprężenia własne σ_{zz} zmieniają się liniowo wraz z odległością od warstwy obojętnej, to możemy napisać

$$\sigma_{zz} = A \cdot x, \quad (2)$$

gdzie stała A jest zależna od własności geometrycznych i reologicznych drutu.

Równanie (2) jak łatwo sprawdzić spełnia równania różniczkowe równowagi

$$\sigma_{ij,i} = 0 \quad (i, j = x, y, z). \quad (3)$$

Z równań fizycznych przy przyjętych założeniach otrzymamy

$$\varepsilon_{xx} = -\frac{\nu \cdot Ax}{E}, \quad \varepsilon_{yy} = -\frac{\nu \cdot Ax}{E}, \quad \varepsilon_{zz} = \frac{Ax}{E}. \quad (4)$$

Uwzględniając zależności (4) w równaniach geometrycznych

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2} (u_{i,j} + u_{j,i}) \quad (i, j = x, y, z) \quad (5)$$

i całkując otrzymujemy

$$u_x = -\frac{A}{2E} (z^2 + \nu x^2 - \nu y^2) + c. \quad (6)$$

Jeśli przyjąć, że nie rozcięta część drutu jest zamocowanym sztywnie prętem w przekroju zakończenia rozcięcia (rys. 2), wówczas dla $x=y=z=0$ $u_x=0$ skąd uzyskujemy z równania (6), że $C = 0$. Równanie osi obojętnej odkształconej połówki drutu otrzymujemy z równania (6) dla $x = y = 0$.

Wtedy

$$u_x = -\frac{A}{2E} z^2. \quad (7)$$

Z warunków geometrycznych przy założeniu małych ugięć możemy napisać:

$$z^2 = u_x \cdot (2\rho - u_x) \approx 2\rho u_x. \quad (8)$$

Uwzględniając (8) w (7) otrzymujemy $A = \frac{E}{\rho}$.

Ostatecznie

$$u_x = -\frac{1}{2\rho} (z^2 + \nu x^2 - \nu y^2) \quad (9)$$

i dla $z = l$, $y = 0$ $u_x = x = -f$, $\left(\frac{\nu u_x^2}{2\rho} \ll u_x\right)$ mamy

$$\rho = \frac{l^2}{2f}.$$

Przy rozcinaniu drutów cienkich (wg Schepersa o średnicy poniżej 20 mm), promień krzywizny jest mały w porównaniu z długością rozcięcia. Wówczas w równaniu (9) nie można pominąć członu $\frac{v \cdot u_x^2}{2\varrho}$ i w miejsce wzoru (10) należy zastosować zależność

$$\varrho = \frac{l^2}{f} \cdot \quad (10a)$$

Celem powiązania promienia krzywizny ϱ z parą sił o momencie M_y , która wywołałaby czyste zginanie w płaszczyźnie głównej osi bezwładności pola poprzecznego przekroju półówki drutu, rozważmy zależność

$$M_y = \frac{E I_y l}{\varrho} = \sigma_{zz} \cdot W_{y1} \cdot \quad (11)$$

Uwzględniając wzory (10) lub (10a) mamy:

$$\sigma_{zz} = \frac{E I_y l}{l^2} 2f \quad (12)$$

lub

$$\sigma_{zz} = \frac{E I_y l}{l^2} f. \quad (12a)$$

Oznaczmy rozwartość końców drutu przez $h = 2f$ natomiast odległość skrajnych włókien do osi obojętnej przez e , która dla półkola wynosi

$$e = \frac{I_y l}{W_{y1}} = a - \frac{4a}{3\pi} \approx 0,288 d.$$

Ostatecznie

$$\sigma_{zz} = \frac{0,288 \cdot E \cdot d}{l^2} \cdot h \quad (13)$$

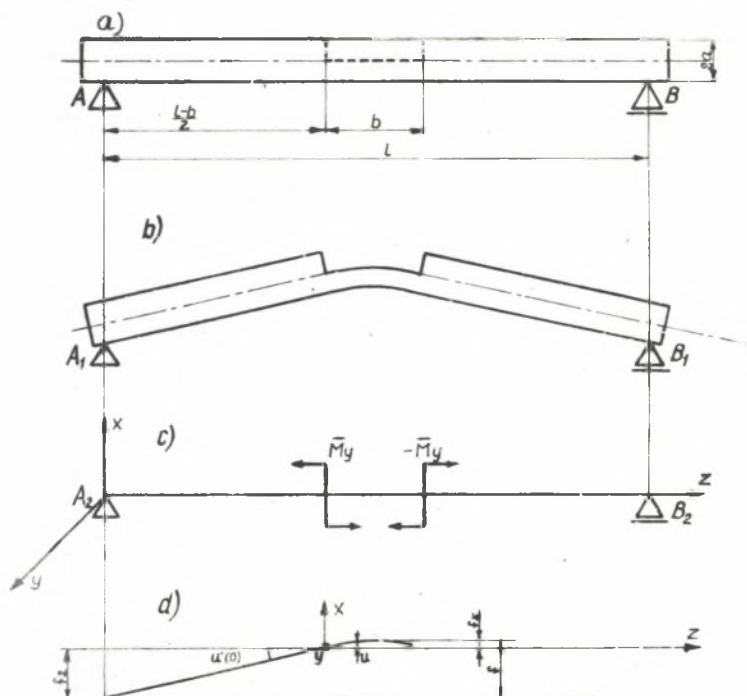
lub

$$\sigma_{zz} = \frac{0,144 \cdot E \cdot d}{l^2} \cdot h. \quad (13a)$$

Wzory (13) pozwalają określić wielkość naprężeń własnych w skrajnych włóknach metodą wzdłużnego rozcinania końca drutu. Należy podkreślić, że przy obliczaniu musimy uwzględnić ubytek przekroju na skutek frezowania lub piłowania.

2.3. Metoda nacinania poprzecznych rowków w drucie

W metodzie tej drut jest rowkowany w płaszczyźnie poprzecznej aż do połowy średnicy (rys. 3a). W wyniku zaburzenia rozkładu naprężeń własnych tworzy się nowy ich rozkład i obserwujemy odkształcenia drutu, który doznaje ugięcia (rys. 3b).



Rys. 3. Ugięcie drutu wywołane nacięciem rowka

Aby określić strzałkę ugięcia rozważmy swobodnie podparty drut i obciążony parami sił o momencie \bar{M}_y w przekrojach na brzegach rowka (rys. 3c).

Moment przyłożonych par sił jest równy ogólnemu momentowi układu sił pochodzących od naprężeń własnych nieskrojonych części drutu.

Równanie osi ugiętej przyjmie postać

$$u''(z) = - \frac{M_y}{EI_{y1}}. \quad (14)$$

Po dwukrotnym zcałkowaniu i uwzględnieniu warunków brzegowych (rys. 3d)

$$u(0) = 0, \quad u'(b/2) = 0 \quad \text{i} \quad f_2 = \frac{1-b}{2} \cdot u'(0)$$

otrzymamy

$$f = f_1 + f_2 = \frac{M_y}{8EI_{y1}} \cdot b(21 - b). \quad (15)$$

Z warunku równowagi momentu M_y i momentu ogólnego układu sił osiowych pochodzących od naprężeń własnych

$$M_y = \frac{\sigma_{zz} \cdot a^3}{6} \quad (16)$$

z równań (15) i (16) określamy osiowe naprężenia własne w włóknach zewnętrznych

$$\sigma_{zz} = \frac{48 \cdot E \cdot I_y}{a^3 \cdot b(21 - b)} \cdot f. \quad (17)$$

Badania elastooptyczne wykazały [2], że przy zaburzeniu naprężeń własnych przez nafrezowanie rowka nie występuje wprawdzie działanie karbu, ale uwidacznia się wpływ czołowej powierzchni przekroju na ugięcie drutu. Ugięcie to można uważać za wynik dodatkowego fikcyjnego rowka o szerokości b_0 . Obliczeniowa szerokość rowka b będzie sumą rzeczywistej szerokości rowka b_{rz} , związanej z grubością freza i szerokością fikcyjnego rowka b_0 , którą trudno ustalić. Trudność tę unikamy wykonując najpierw wąski rowek o szerokości $b_1 = b_0 + b_{rz1}$, który następnie rozfrezowujemy do szerokości

$$b_2 = b_0 + b_{rz2}.$$

W takim przypadku wzór (17) przyjmie postać

$$\sigma_{zz} = \frac{48 \cdot E \cdot I_{y1}}{a^3 \cdot \Delta b (21 - \Delta b)} \cdot f, \quad (17a)$$

gdzie:

$$\Delta b = b_2 - b_1 = b_{rz2} - b_{rz1}$$

$$f = f(b_2) - f(b_1).$$

3. Podstawowe informacje o badanych drutach

Do badań użyto drutów o jednakowej średnicy $d = 4 \text{ mm}$ wykonanych z trzech gatunków stali.

Druty ze stali D75A ciągnięte z walcówki o średnicy 7,0 mm, w pięciu ciągach przy szybkości ciągnięcia 1,88 m/s.

Druty ze stali D85A ciągnięte z walcówki o średnicy 8 mm, w sześciu ciągach przy szybkości ciągnięcia 0,65 m/s.

Druty ze stali N10E ciągnięte z walcówki o średnicy 5,5 mm, w trzech ciągach z szybkością 0,39 m/s.

Przeciąganie wymienionych gatunków drutów odbywało się z gniotami pojedynczymi po $\sim 19\%$ przy zastosowaniu suchego proszku mydlanego jako środka smarującego.

Ciągnięcie na końcową średnicę drutu przeprowadzone przez ciągadło o kącie ciągnięcia $2\alpha = 16^\circ$ i części cylindrycznej o długości 2 mm. Wszystkie badane druty w czasie procesu wytwarzania były poddane patentowaniu.

Analiza chemiczna wykazała, że zawartości procentowe poszczególnych składników są zgodne z normą PN-65/M-80057.

Własności mechaniczne drutów określono przeprowadzając próbę rozciągania na trzech próbkach dla każdego gatunku drutu. Średnie wartości zestawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Własności mechaniczne badanych drutów

Oznaczenie drutu	d_0 mm	$R_{m_{\text{sr}}}$ kg/mm ²	A_5 %	Z_{sr} %	Uwagi
D75A	4,0	166,5	27,0	19,0	
D85A	4,0	168,5	30,0	21,5	
N10E	4,0	154,2	32,3	23,5	

4. Opracowanie wyników

4.1. Metoda wzdłużnego zeszlifowania warstw drutu

W metodzie tej poszczególne próbki mocowano w specjalnych uchwytach [1] i zeszlifowywano warstwy o grubości 0,01 mm na długości 100 mm. W końcowej fazie szlifowania, zmniejszono grubość warstwy zbieranej do 0,005 mm. Po zeszlifowaniu drutu do połowy, zdejmowano go z uchwytu i mierzono strzałkę ugięcia. W oparciu o wzór (1) obliczono wartości naprężeń własnych w zewnętrznej warstwie badanych drutów. Wyniki zestawiono w tablicy 2.

Tablica 2

Osiowe naprężenia własne uzyskane metodą wzdłużnego zeszlifowania drutu
($d = 4,0$ mm, $l = 100$ mm)

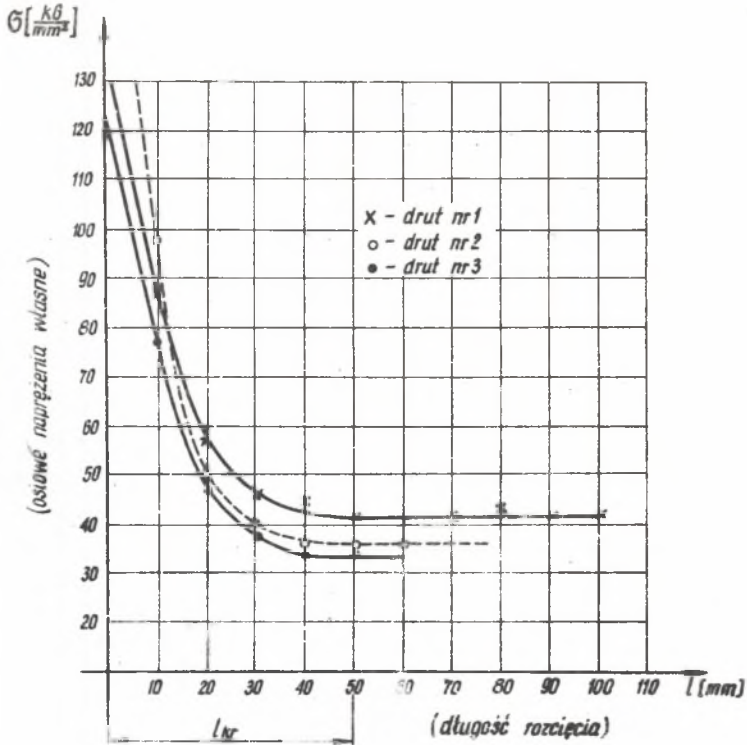
Lp.	Oznaczenie próbki	Całkowita grubość warstwy zeszlifowanej mm	Moment bezwładności I_y mm ⁴	Strzałka ugięcia f mm	Osiowe naprężenie σ_{zz} kG/mm ²	Naprężenie średnie σ_{zzsr} kG/mm ²
1	D75A/1	1,98	1,810	1,285	29,3	28,0
2	D75A/2	2,00	1,751	1,241	27,4	
3	D75A/3	2,00	1,751	1,235	27,2	
4	D85A/1	1,98	1,810	1,318	30,0	29,6
5	D85A/2	1,97	1,839	1,298	30,1	
6	D85A/3	1,95	1,899	1,195	28,6	
7	N10E/1	1,98	1,810	0,889	20,2	19,9
8	N10E/2	1,96	1,869	0,833	19,6	
9	N10E/3	1,96	1,869	0,842	19,8	

4.2. Metoda wzdłużnego rozcinania końca drutu

Koniec drutu rozcinano piłką o grubości 0,5 mm i każdorazowo po rozcięciu na długości 10 mm dokonywano pomiaru rozchylenia końców połówek drutu. Do obliczeń przyjmowano średnicę zmniejszoną o ubytek powstały na skutek rozcinania, który wynosił w przybliżeniu 0,7 mm.

Stosowanie wzoru (13a) uwarunkowane jest odpowiednią długością nacięcia wzdłużnego, którą nazwano długością krytyczną i ustalono dla każdej serii próbek. Długość ta wynosiła od 40÷60 mm. Przykładowo na rys. 4 podano wykres zależności między długością nacięcia wzdłużnego a naprężeniem osiowym.

Szczegółowe wyniki zestawiono w tablicy 3.



Wykres 4. Wykres między długością wzdłużnego rozcięcia a naprężeniem osiowym

Tablica 3

Osiowe naprężenia własne
uzyskane metodą wzdłużnego rozcinania końca drutu
($d = 4,0$ mm, $l_{kr} = 60$ mm)

Lp.	Oznaczenie próbki	Rozchylenie końców drutu h mm	Naprężenie osiowe σ_{zz} kg/mm^2	Średnie naprężenie σ_{zzsr} kg/mm^2
1	D75A/1	8,85	24,4	25,4
2	D75A/2	8,50	23,4	
3	D75A/3	10,30	28,4	
4	D85A/1	13,00	36,0	33,6
5	D85A/2	11,60	32,0	
6	D85A/3	11,90	32,8	
7	N10E/1	6,55	18,0	18,0
8	N10E/2	6,55	18,0	
9	N10E/3	6,55	18,0	

4.3. Metoda poprzecznego nacinania rowków

W drutach, dla których bazę pomiarową ustalono 80 mm, nacinano frezem z szybkością 30 obr/min przy posuwie wzdłużnym 35 mm/min. Grubość zbieranej warstwy wynosiła 0,3 mm. W czasie frezowania drut był chłodzony emulsją. Dla serii próbek wykonanych z drutu D75A zastosowano również nacinanie rowków pilnikiem.

Seria próbek z piłowanym rowkiem miała na celu ustalenie wpływu sposobu nacinania rowków.

Szczegółowe wyniki uzyskane w oparciu o wzór (17a) zestawiono w tablicy 4.

Tablica 4

Osiowe naprężenia własne uzyskane metodą nacinania poprzecznych rowków
($d = 4$ mm, $l = 80$ mm)

Lp.	Oznaczenie próbek	Różnica		Naprężenie własne σ_{zz} kg/mm ²	Średnie naprężenie σ_{zzsr} kg/mm ²	Uwagi
		szerokości rowków Δb mm	ugięć Δf mm			
1	D75A/1	10,15	0,147	21,4	23,1	rowki frezowane
2	D75A/2	10,35	0,194	27,8		
3	D75A/3	10,75	0,145	20,0		
4	D75A/4	10,75	0,164	22,6	27,0	rowki piłowane
5	D75A/5	10,10	0,190	27,7		
6	D75A/6	11,50	0,236	30,6		
7	D85A/1	12,47	0,195	25,3	25,0	rowki frezowane
8	D85A/2	12,30	0,174	21,2		
9	D85A/3	14,30	0,210	31,1		
10	N10E/1	14,00	0,107	15,6	17,8	rowki frezowane
11	N10E/2	12,20	0,090	15,0		
12	N10E/3	12,50	0,161	22,6		

W tablicy 5 zestawiono wyniki średnich osiowych naprężeń własnych w warstwie zewnętrznej.

Tablica 5

Średnie wartości osiowych naprężeń własnych

Lp.	Oznaczenie drutu	Średnie osiowe naprężenie własne σ_{zzsr} [kg/mm ²]		
		wzdłużnego zeszlifowania drutu	rozcinańca końca drutu	nacinania poprzecznych rowków w drucie
1	D75A	28,0	25,4	23,1
2	D85A	29,6	33,5	25,0
3	N10E	19,9	18,0	17,8

Z zestawionych danych (tabl. 5) wynika, że w zasadzie największe wartości osiowych naprężeń własnych w warstwie zewnętrznej drutu uzyskuje się metodą wzdłużnego zeszlifowania, natomiast najmniejsze wartości - metodą nacinania rowków poprzecznych w drucie.

Wnioski

1. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że największe wartości naprężeń własnych w warstwach zewnętrznych badanych drutów uzyskuje się metodą wzdłużnego zeszlifowywania drutu cienkimi warstwami, zaś najmniejsze metodą nacinania poprzecznych rowków w drucie.
2. Przy nacinaniu rowków pilnikiem uzyskano większe wartości naprężeń w porównaniu z nacinaniem rowków frezem. Należy przypuszczać, że związane jest to ze zjawiskiem zgniotu wywołanego w procesie frezowania.
3. Spośród zastosowanych metod mechanicznych wyznaczania naprężeń własnych, metoda nacinania rowków poprzecznych jest najmniej pracochłonna.
4. W metodzie rozcinięcia drutów należy każdorazowo ustalić długość krytyczną rozcięcia końców badanych drutów.
5. Metoda zeszlifowania wzdłużnych warstw drutu jest najbardziej pracochłonna i wymaga niezwyklej ostrożności w czasie procesu szlifowania.
6. Dla określenia osiowych naprężeń własnych w warunkach technicznych najekonomiczniejszą metodą jest metoda nacinania poprzecznych rowków w drucie.

Wykaz rysunków

- Rys. 1. Odkształcenie drutu po wzdłużnym zeszlifowaniu do połowy średnicy
 Rys. 2. Rozchylenie końców drutu po wzdłużnym rozcięciu
 Rys. 3. Ugięcie drutu wywołane nacięciem rowka
 Rys. 4. Wykres między długością wzdłużnego rozcięcia a naprężeniem osiowym.

Wykaz tablic

- Tablica 1. Własności mechaniczne badanych drutów
 Tablica 2. Osiowe naprężenie własne uzyskane metodą wzdłużnego zeszlifowania drutu
 Tablica 3. Osiowe naprężenie własne uzyskane metodą wzdłużnego rozcinięcia końca drutu
 Tablica 4. Osiowe naprężenia własne uzyskane metodą nacinania poprzecznych rowków
 Tablica 5. Wartości średnich osiowych naprężeń własnych w warstwie zewnętrznej.

LITERATURA

- [1] Lamber T., Wojnarowski J. - Naprężenie własne w stalowych drutach ciągnionych D55, D75 i D85. Zesz. Nauk. Pol. Śl. nr 260, Mechanika z. 40, 1969.
- [2] Bühler - Kraher - Einfachen Verfahren zum Ermitteln von Eigenspannungen in Prähten. Archiv Eisenhüttenwaren 7 (1968) Hanover.
- [3] Zmęczenie metali - Praca zbiorowa pod redakcją Sinesa G., Waismana J.L. - tłum. WNT Warszawa 1962.
- [4] Timoshenko S.P. - Historia wytrzymałości materiałów Arkady - Warszawa 1966.
- [5] Trocun I.P. - Wnutrienniye usilia i deformacii pri swarkie, Moskva 1964.
- [6] Kłossek Cz. - Naprężenia własne. Główny Instytut Metalurgii i Odlewnictwa - Kraków-Gliwice 1949.
- [7] Ostatożnyje napriażeniya i ustalost prowołoki. Materiały naučno-proizwodstwiennowo seminarja 27-29 sentabria 1965, Odessa-Moskva 1967.
- [8] Hanke E., Tiemann E. - Bestimmung der Eigenspannungen einer Probe mit Dehnungsmesstreifen und mit dem rontgenographischen Verfahren - Materialprüf. 12 (1970) nr 5 str. 172-174.
- [9] Kröner E. - Kontinuumstheorie der Versetzungen und Eigenspannungen, Berlin 1958.
- [10] Schepers-Peiter - Untersuchung der technologischen Eigenschaften und Eigenspannungen gezogener Automatenstähle Stahl und Eisen 79 (1959) str. 337-349.
- [11] M. i J. Żmudowie - Praca dyplomowa magisterska, Gliwice 1969 r., Biblioteka Katedry Konstrukcji Maszyn Ciężkich.

МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ ОСЕВЫХ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ
В СТАЛЬНЫХ ПРОВОЛОКАХ

Р е з ю м е

В работе проведено измерение остаточных напряжений во внешних слоях стальных проволок D75A, D85A и NiOE¹⁾. Для измерения применены методы продольной сточки слоев проволоки, продольной разрезки конца проволоки, а также нарезки поперечных пазов в проволоке. В результате проведенных исследований констатируется, что метод продольной сточки слоев проволоки даёт наибольшие, зато метод нарезки поперечных пазов наименьшие значения остаточных напряжений. Кроме того обсуждены условия, которые должны соблюдаться при применении отдельных методов.

¹⁾ Обозначения по PN-65/M-80057.

MEASURING OF THE AXIAL RESIDUAL STRESSES IN STEEL
WIRES BY USE OF MECHANICAL METHODS

S u m m a r y

The paper deals with the measurement of residual stresses in the outer layers of steel wires of the type D75A, D85A and N10E¹⁾. For this measurement the following methods were applied: longitudinal grinding of the wire layers, longitudinal shearing of the wire layers, longitudinal shearing of the wire end and cutting transverse grooves into the wire. In result of the performed investigations it has been found that the method of longitudinal grinding of the wire layers yields the highest residual stress values, whereas the method of cutting transverse grooves provides the lowest residual stress values. Moreover, the paper discusses the conditions of applying the respective methods.

¹⁾Notations according to PN-65/M-20057.