

HUTNICTWO METALI NIEŻELAZNYCH	N O R M A B R A N Ź O W A	BN-80
	Metale nieżelazne	0804-04
	Wyznaczanie współczynnika sprężystości i umownej granicy sprężystości przy zginaniu próbek płaskich	Zamiast BN-68/0804-04 59
		Grupa katalogowa 0300

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy jest wyznaczenie współczynnika sprężystości i umownej granicy sprężystości metodą statycznego zginania próbek płaskich opartych na dwóch podporach przy obciążeniu siłą prostopadłą przyłożoną w środku między podporami.

1.2. Zakres próby. Próba wyznaczenia współczynnika sprężystości i umownej granicy sprężystości przy zginaniu stosowana jest do taśm, blach i pasów o grubości od 0,135 do 1,05 mm wytwarzanych w stanach twardych i sprężystych, przeznaczonych na elementy sprężyste. Próbę przeprowadza się na aparacie firmy Simens.

2. OKREŚLENIA I OZNACZENIA

2.1. Naprężenia

2.1. Naprężenia

2.1.1. Współczynnik sprężystości E_g — współczynnik sprężystości określony metodą zginania praktycznie równy współczynnikowi sprężystości określanemu w próbie rozciągania lub ściskania (w MPa).

Dla prostokątnej próbki płaskiej uginanej siłą F_g w środku między podporami E_g w megapaskalach określa się ze wzoru

$$E_g = \frac{F_g}{4bf_s} \left(\frac{L_{os}}{a} \right)^3 \quad (1)$$

w którym:

F_g — siła działająca w środku długości podpartej próbki, N,

b — szerokość próbki, mm,

a — grubość próbki, mm,

L_{os} — długość pomiarowa próbki między podporami, mm,

f_s — sprężysta strzałka próbki, mm.

2.1.2. Umowna granica sprężystości R_{sg} — naprężenie w megapaskalach wywołujące w próbce umowne (0,001%) trwałe odkształcenie skrajnych włókien wyrażane również wielkością trwałej strzałki ugięcia $f_i = 0,05$ mm; f_i ma tę samą wartość w milimetrach co sprężyste ugięcie przy naprężeniu gnącym

$$R'_{sg} = \frac{E_g}{26\,667} \quad ^1) = \frac{3}{8} \cdot \frac{E_g}{10\,000} \quad (2)$$

$$f_i = \frac{F_g L_{oi}^3}{48E_g \cdot J} = \frac{R'_{sg} L_{oi}^2}{6h \cdot E_g} = \frac{L_{oi}^2}{160\,000a} \quad (3)$$

Dla $L_{oi} = 100\sqrt{0,8a}$ mm

$$f_i = \frac{L_{oi}^2}{160\,000a} = 0,05 \text{ mm}$$

2.2. Strzałka ugięcia

2.2.1. Sprężysta strzałka ugięcia f_s — ugięcie sprężyste próbki pod działaniem siły gnącej (w mm).

2.2.2. Trwała strzałka ugięcia f_i — trwałe ugięcie próbki mierzone w środku między podporami po zdjęciu obciążenia (w mm).

2.3. Długość próbek

2.3.1. Długość pomiarowa próbki L_{os} , L_{oi} — długość próbki między podporami aparatu zginającego (w mm).

Dla oznaczania współczynnika sprężystości E_g w aparatach Simensa stosuje się $L_{os} = 100a$ (w mm).

Dla oznaczania R_{sg} w aparatach Simensa stosuje się $L_{oi} = 100\sqrt{0,8a}$ (mm).

2.3.2. Długość próbki L_t — całkowita długość próbki (w mm).

¹⁾ Patrz Informacje dodatkowe.

Zgłoszona przez Instytut Metali Nieżelaznych
Ustanowiona przez Generalnego Dyrektora Zjednoczenia Górniczo-Hutniczego Metali Nieżelaznych METALE
dnia 15 sierpnia 1980 r. jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1981 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 28/1980 poz. 113)

3. POBIERANIE I PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

3.1. Pobieranie próbek. Próbki wycina się w kierunku walcowania. Wycinanie próbek w kierunku poprzecznym lub pod kątem powinno być uzgodnione między zamawiającym i wytwórcą. Próbki po wycięciu powinny być płaskie bez trwałych przegięć.

3.2. Przygotowanie próbek. Wzdłużne krawędzie próbek powinny być frezowane ostrym frezem, a po frezowaniu wygładzone drobnym papierem ściernym z lekkim zaokrągleniem krawędzi w celu usunięcia zadziórów i zawinięte po frezowaniu. Dla uniknięcia trwałych przegięć lub skręceń próbek, wygładzanie krawędzi powinno odbywać się po ułożeniu próbek między dwie płytki i ich skręceniu. Wystawanie krawędzi z płytki powinno wynosić $1 \div 2$ mm.

Próbki po wycięciu, frezowaniu i wygładzaniu nie mogą być prostowane. Jakość powierzchni próbek i ich stan określają normy przedmiotowe dla wyrobu. W czasie pobierania i przygotowania próbek powierzchnie ich powinny być oznaczone na końcach znakiem umożliwiającym rozpoznanie strony przedniej i tylnej próbki.

W przypadku badania próbek po starzeniu lub niskotemperaturowym wyżarzaniu dla uniemożliwienia odkształceń i poprawy płaskości, próbki należy obrabiać cieplnie w sztywnych nitowanych lub skręcanych stalowych okładzinach.

3.3. Wymiary próbek. Do badań stosuje się próbki o jednakowej szerokości na długości równej 10 mm z odchyłką szerokości $\pm 0,1$ mm. Grubość próbek wynosi od 0,135 do 1,05 mm. Długość całkowita próbek wynosi $L_t = 10a + 50$ mm z tolerancją ± 5 mm.

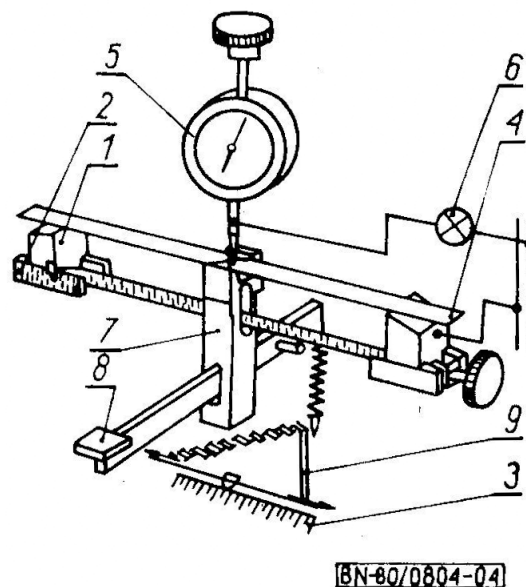
3.4. Liczba próbek. Jeżeli normy przedmiotowe nie przewidują inaczej do określenia współczynnika sprężystości E_g stosuje się 3 próbki. Do określenia umownej granicy sprężystości R_{sg} należy stosować co najmniej 3 próbki o powierzchni przedniej (w próbie położenie do góry) i 3 próbki o powierzchni tylnej (w próbie położenie do dołu). Próbki, na których wykonywano oznaczanie E_g , mogą być użyte do określania R_{sg} .

4. APARATURA

Aparat do badania sprężystości (rysunek) składa się z dwóch symetrycznie do skupionej siły nastawialnych podpór dla podtrzymywania próbek, urządzenia do obciążania próbek oraz urządzenia do odczytywania strzałki ugięcia. Charakterystykę elementów składowych aparatu podano w poz. a) ÷ c).

a) Podpory próbek mają kształt przyzmy o kącie ostrza 60° . Jedna podpora ma prostą krawędź ostrza, druga lekko zaokrągloną ku górze dla właściwego ułożenia próbki. Zmienne położenie podpór jest symetryczne do przyłożonego obciążenia w zakresie $L_{os} = 13,5$ mm do 105 mm z dokładnością do ± 1 μ m i w zakresie $L_{ot} = 32$ do 93 mm z dokładnością do $\pm 0,1$ mm.

b) Obciążenie. Do wyznaczenia współczynnika sprężystości służy obciążenie 0,981 N (100 G) zawieszona na dwóch występach o kącie 120° przy brzegach szerokości



Schemat aparatu Simensa do badań sprężystości
1 — podpora, 2 — nastawienie długości pomiarowej przy wyznaczaniu współczynnika sprężystości E_g z dokładnością do 1 μ m, 3 — nastawienie długości pomiarowej przy wyznaczaniu umownej granicy sprężystości R_{sg} , 4 — próbka, 5 — czujnik mikrometryczny do określania strzałki ugięcia, 6 — żarówka sygnalizująca styk czujnika z próbka, 7 — obciążenie równe 0,981 N do wyznaczania współczynnika sprężystości, 8 — dźwignia obciążająca próbkę, 9 — 13-stopniowy mechanizm do obciążania próbki w zakresie 147 MPa (15 kG/mm²) do 736 MPa (75 kG/mm²) przy ugięciu $2+12 \times 0,667$ mm do wyznaczania R_{sg}

próbki. W środku szerokości próbki na linii zaczepów wprowadzona jest igła stalowa czujnika.

c) Mechanizm do obciążania próbki składa się z 13 stopni, w których pierwszy odpowiada ugięciu 2 mm i naprężeniu 147 MPa (15 kG/mm²). Następne 12 stopni wzrastają co 0,667 mm od 196 MPa (20 kG/mm²) do 736 MPa (75 kG/mm²) co 49 MPa (5 kG/mm²). Wymienione naprężenia odpowiadają rzeczywistym dla próbek o współczynniku sprężystości równym 98 100 MPa. Ugięcie w próbce o wymienionych naprężeniach realizowane jest dźwignią przez zaczepy na próbce.

5. PRZEPROWADZENIE PRÓBY

5.1. Temperatura prowadzenia próby. Próbę przeprowadza się w temperaturze pokojowej 20_{-5}^{+10} °C. Temperaturę próby określa się z dokładnością do 1 °C.

5.2. Przygotowanie próbek i aparatu do próby. Próbki przeznaczone do próby należy poddać dokładnemu pomiarowi grubości w środku długości z dokładnością $\pm 0,001$ mm przy użyciu optimetru, czujnika lub mikrometru z kulistymi lub płaskimi i małej średnicy (2 ÷ 3 mm) kowadełkami. Za grubość próbki przyjmuje się średnią arytmetyczną 5 pomiarów. Szerokość próbki mierzy się na długości pomiarowej L_{os} lub L_{ot} w 3 miejscach z dokładnością $\pm 0,01$ mm. Do obliczeń przyjmuje się średnią arytmetyczną.

Wielkość ugięcia trwałego próbki na długości pomiarowej należy przed próbą zmierzyć przy użyciu aparatu Simensa. W tym celu przy użyciu wzorcowej próbki

załączonej do aparatu o znanej grubości należy ustawić położenie zerowe czujnika. Po wyjęciu próbki wzorcowej, odjęciu lub dodaniu na czujniku różnicy grubości próbki wzorcowej i próbek badanych należy ugięciem do dołu włożyć badaną próbkę na podpory ustawione w odległości L_{os} lub L_{oi} i określić na czujniku wielkość trwałego ugięcia. Przy wyznaczaniu umownej granicy sprężystości dopuszcza się korektę naprężeń o trwałe ugięcie próbki przed próbą na długości $L_{oi} = 100\sqrt{0,8a}$, przyjmując na każdy μm trwałego ugięcia próbki w dół $73,5 \cdot 10^{-3}$ MPa mniejsze naprężenie na poszczególnych stopniach naprężeń. Odwrotnie należy postępować przy trwałym ugięciu próbki położonej na podporach ugięciem do góry.

5.3. Pomiar współczynnika sprężystości E_g . Wg zmierzzonej grubości próbki ustala się na aparacie odległość podpór L_{os} z dokładnością do 1 μm przy użyciu skali i noniusza dla E_g . Dla próbki o szerokości 10 mm i obciążeniu 0,981 N (100 G) zależność na współczynnik sprężystości wg 2.1 wyrażony w MPa przyjmuje postać

$$E_g = \frac{24\,525}{f_s} \quad (4)$$

$$\left(E_g = \frac{2500}{f_s} \right)$$

Współczynnik sprężystości wg zależności w nawiasie jest wyrażony w kG/mm^2 .

Próbkę należy założyć symetrycznie do obciążenia na ustawione ostrza podpór ugięciem trwałym w dół lub do góry, nastawia się czujnik do kontaktu z próbką (zapala się żarówka), tarczę czujnika nastawia się w położenie zerowe wskazówki. Następnie obciąża się próbkę ciężarem 0,981 N (100 G) za pomocą łagodnego nacisku na dźwignię, a następnie wciska się na około 5 s przycisk elektromagnesu wywołującego drgania próbki eliminujące tarcie na podporach, po czym należy doprowadzić igłę czujnika do zaświecenia się żarówki i odczytać na tarczy czujnika wartości sprężystej strzałki ugięcia f_s .

Wartość współczynnika sprężystości należy wyliczyć z zależności

$$E_g = \frac{24\,525}{f_s}$$

podstawiając odczytaną strzałkę ugięcia.

Na tarczy czujnika naniesiono również skalę wartości współczynnika E_g o wartości działki równej 981 MPa (100 kG/mm^2). Odczytane wartości współczynnika sprężystości w kG/mm^2 należy pomnożyć przez 9,81 dla uzyskania wartości w MPa. Przy obliczeniu współczynnika sprężystości należy uwzględnić rzeczywistą szerokość próbki i wynik pomnożyć przez

10,0
rzeczywista szerokość próbki

Na jednej próbce w położeniu ugięciem trwałym do dołu i ugięciem trwałym do góry wykonuje się 3 pomiary, z których wylicza się średnią arytmetyczną.

5.4. Pomiar umownej granicy sprężystości R_{sg} . Przed pomiarem należy dokładnie zmierzyć szerokość i grubość próbek oraz zmierzyć na aparacie trwałe ugięcie próbek na długości pomiarowej L_{oi} wg 5.2. Umowną granicę sprężystości wyznacza się metodą kolejnych obciążeń próbki, a następnie po odciążeniu odczytów trwałych strzałek ugięcia.

Pomiar przeprowadza się następująco: próbkę umieszcza się symetrycznie na ostrzach podpór rozstawionych w odległości L_{oi} ugięciem trwałym do dołu lub do góry; czujnik ustawia się w położeniu zerowym przy kontakcie igły czujnika z próbką (świeci się żarówka). Przy kolejnym ustawianiu stopni mechanizmu naprężeń od 147 MPa przy ugięciu 2 mm do 736 MPa przy ugięciu 10 mm, za pomocą dźwigni należy łagodnie do oporu obciążać próbkę i wytrzymać obciążenie $10 \div 20$ s. Po każdym odciążeniu próbki doprowadza się igłę czujnika do styku z próbką. Odczyt czujnika w μm jest wartością trwałej strzałki ugięcia dla poszczególnych naprężeń.

Pomiar prowadzi się stopniowo aż do uzyskania trwałej strzałki ugięcia przekraczającej 50 μm .

Wartość umownej granicy sprężystości określa się sposobem interpolacji wartości naprężeń w przedziale dwóch odczytów przy trwałych strzałkach ugięcia, mniejszej i większej niż 50 μm . Umowną granicę sprężystości można określić z wykresu lub obliczeniowo.

Wykres próby zginania sporządza się na papierze milimetrycznym, na osi odciętych odkłada się trwałą strzałkę ugięcia, a na rzędnej odpowiadające tej strzałce naprężenie. Na przecięciu się prostej odpowiadającej ugięciu równemu 50 μm z krzywą naprężeń otrzymuje się naprężenie równe umownej granicy sprężystości.

W metodzie obliczeniowej, jeśli C i D są ostatnimi stopniami naprężeń oraz c i d przynależnymi wielkościami trwałej strzałki ugięcia o wielkości poniżej i powyżej 50 μm , to naprężenie odpowiadające strzałce ugięcia 50 μm oblicza się ze wzoru

$$R'_{sg} = C + (D - C) \frac{50 - c}{d - c} \quad (5)$$

Otrzymane wartości naprężeń tak z wykresu jak i z metody obliczeniowej odnoszą się do modułu sprężystości 98 100 MPa.

Dla uzyskania rzeczywistej umownej granicy sprężystości R_{sg} , wartości naprężeń z wykresu lub z obliczenia należy pomnożyć przez współczynnik

$$\frac{E_g \text{ zmierzone}}{98\,100}$$

5.5. Przykład obliczenia współczynnika sprężystości. Próbka o grubości 0,5 mm, szerokości 9,90 mm, ugięcie trwałe próbki przed pomiarem na długości 50 mm wynosiło 0,05 mm.

Przy pomiarze zgodnie z 5.3 otrzymano wartości strzałek ugięcia przy obciążeniu 0,981 N:

- przy próbce ugiętej do dołu 183, 184, 183 μm ,
 - przy próbce ugiętej do góry 181, 180, 181 μm .
- Średnia arytmetyczna strzałek wynosi 182 μm .

$$\text{Współczynnik sprężystości } E_g = \frac{24\,525}{f_s} = \frac{24\,525}{0,182} = 134\,752 \text{ MPa.}$$

Po uwzględnieniu rzeczywistej szerokości próbki

$$E_g = \frac{10}{9,9} 134\,752 = 136\,113 \text{ MPa.}$$

Po zaokrągleniu $E_g = 136\,000 \text{ MPa}$.

5.6. Przykład obliczenia umownej granicy sprężystości.

Na próbce z 5.5 po przeprowadzeniu pomiaru zgodnie z 5.4 otrzymano trwałe strzałki ugięcia w zależności od naprężeń, które zestawiono w poniższej tabelicy.

Naprężenie gnące R'_{sg} w MPA przy module $E_g = 98\,100 \text{ MPa}$	147	196	245	294	343	392	441 (C)	490 (D)
Trwała strzałka ugięcia w μm	0	0,8	2,2	4,4	9,0	18,2	32,8 (c)	59,4 (d)

$$\begin{aligned} \text{Ze wzoru } R'_{sg} &= C + (D - C) \frac{50 - c}{d - c} = \\ &= 441 + 49 \frac{50 - 32,8}{59,4 - 32,8} = 441 + 32 = 473 \text{ MPa.} \end{aligned}$$

Wartość R'_{sg} pomnożona przez współczynnik

$\frac{E_g \text{ rzeczywiste}}{98\,100}$ daje rzeczywistą wartość granicy sprężystości

$$R_{sg} = 473 \cdot \frac{136\,000}{98\,100} = 656 \text{ MPa.}$$

5.7. Dokładność wyników. Współczynnik sprężystości należy zaokrąglić z dokładnością $\pm 1000 \text{ MPa}$, zaś umowną granicę sprężystości oblicza się z dokładnością $\pm 1 \text{ MPa}$.

6. PROTOKÓŁ PRÓBY

W protokole próby należy podać następujące dane:

- a) dane dotyczące próbek (gatunek, stan i kierunek pobierania, wymiary),
- b) liczbę próbek dla E_g i R_{sg} ,
- c) trwałe ugięcie próbek na długości L_{os} i L_{ot} ,
- d) temperaturę próby,

- e) typ aparatu do badań,
- f) średnią wartość współczynnika sprężystości i wielkość rozrzutu dla poszczególnych próbek i ich położenia w próbce,
- g) średnią wartość umownej granicy sprężystości i wielkość rozrzutu dla poszczególnych próbek i ich położenia w próbce.

K O N I E C

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice.

2. Istotne zmiany w stosunku do BN-68/0804-04

- a) wprowadzono jednostki miar wg układu SI,
- b) rozszerzono zakresy grubości próbek od 0,135 do 1,05 mm zgodnie z możliwościami pomiarowymi aparatu,
- c) wprowadzono do określeń i oznaczeń wzory na E_g i R_{sg} ,
- d) zwiększono dokładność pomiaru grubości próbki do $\pm 0,001 \text{ mm}$,
- e) zmieniono długość całkowitą próbki w zależności od grubości,
- f) określono liczbę próbek do oznaczania E_g i R_{sg} oraz zmieniono oznaczenia literowe współczynnika sprężystości i umownej granicy sprężystości,
- g) podano naprężenia i ugięcia w mechanizmie do obciążania próbki,
- h) wprowadzono konieczność określenia na aparacie trwałego ugięcia próbek na długości pomiarowej,
- i) wprowadzono konieczność wykonywania próby na próbkach z ugięciem do dołu i góry,
- j) w Informacjach dodatkowych omówiono i wyjaśniono naprężenie zginające

$$R'_{sg} = \frac{E_g}{26\,667} \text{ oraz zakres rozrzutu w oznaczaniu}$$

współczynnika sprężystości na jednym i różnych aparatach.

3. Normy zagraniczne

RFN DIN 50151 (1957) Prüfung metallischer Werkstoffe. Federblech

— Biegeversuch mit Feinmessung

4. Aparat do badania sprężystości w wykonaniu firmy ZWM/Z-Prüfgerätebau Simens odpowiada wymaganiom niniejszej normy.

5. Definicja umownej granicy sprężystości wg 2.1.2 za pomocą naprężenia zginającego $R'_{sg} = \frac{E_g}{26\,667}$ jest tłumaczona naprężeniem

przyjętym w urzędzeniu Müllera dla próbki obciążonej na jednym końcu przy ugięciu 0,1 mm. Tę wielkość przyjęto dla norm przedmiotowych wg DIN 1778 (wydanie 1, 1935) i DIN 1780 (wydanie 4, 1939). Obszerne badania na nowym aparacie wykazały, że przy przyjęciu wartości 26667 błąd oznaczania E_g nie przekracza $\pm 2\%$, podczas gdy różnice E_g wynikające z położenia próbki (strona przednia próbki ułożona do góry lub do dołu) szczególnie dla próbek cieńszych są większe niż $\pm 2\%$ i wynosiły dla 6 laboratoriów i 10 próbek z tej samej blachy w zakresie $5 \div 11\%$.

6. Zakres rozrzutu współczynnika sprężystości określany na jednym aparacie i próbce z jednej strony zależy od grubości próbki. Rozrzut wzrasta ze zmniejszającą się grubością próbek i można go ocenić na $\pm 2\%$. Rozrzut E_g na różnych aparatach określany na tej samej próbce i wykonywany przez tego samego obserwatora oceniany jest na

- $\pm 5\%$ — dla grubości próbki od 0,2 do 0,4 mm,
- $\pm 4\%$ — dla grubości próbki od 0,4 do 1 mm.

7. Autor projektu normy — doc. dr inż. Gustaw Zaborowski — Instytut Metali Nieżelaznych, Gliwice.