

ppłk dr inż. Mariusz MAGIER*
mgr inż. Ryszard PANOWICZ**
mgr inż. Marita SACHA**
* Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia
** Fabryka Produkcji Specjalnej Sp. z o.o.

OKREŚLENIE QUASI-STATYCZNEJ GRANICY PLASTYCZNOŚCI MATERIAŁU PENETRATORA WYKONANEGO ZE SPIEKU NA OSNOWIE WOLFRAMOWEJ

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań granicy plastyczności spieku na osnowie wolframowej wykorzystywanego w produkcji penetratorów czołgowych pocisków podkalibrowych w próbie ściskania dla szybkości odkształceń równych $3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ i $7 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$.

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF QUASI-STATIC MECHANICAL PROPERTIES OF TUNGSTEN ALLOY

Abstract. The results of strength investigations of the tungsten alloy are discussed in this paper. Quasi-static testing was carried out by of the INSTRON testing machine in FPS Bolechowo Ltd.

1. Wprowadzenie

W przypadku aplikacji militarnych związanych z fizyką wybuchu i balistyką końcową, celem prowadzenia badań własności mechanicznych materiału konstrukcyjnego pocisku (w tym przypadku penetratora podkalibrowego pocisku kinetycznego) jest przede wszystkim określenie zmian własności mechanicznych (wytrzymałość, plastyczność) w funkcji szybkości odkształceń, stanowiących podstawę dalszych analiz i optymalizacji konstrukcji pocisku w celu osiągnięcia pożądanej głębokości przebiccia. Pomiar własności mechanicznych penetratorów pocisków kinetycznych przeprowadza się poprzez badania próbek materiałów w testach rozciągania, ściskania lub skręcania. W badaniach z użyciem standardowych maszyn wytrzymałościowych wyznacza się parametry wytrzymałościowe materiału dla prędkości odkształceń do 5 s^{-1} . Przy zastosowaniu urządzeń wytrzymałościowych o specjalnej konstrukcji można wyznaczyć parametry wytrzymałościowe materiału dla prędkości odkształceń około 200 s^{-1} . Podstawową metodą pozwalającą określić doświadczalnie właściwości materiałów konstrukcyjnych w zakresie szybkości odkształcenia od 500 s^{-1} do około 10^4 s^{-1} jest metoda pręta Hopkinsona [1]. Podczas tych badań odkształcenia materiału sięgają 30%. W przypadku potrzeby identyfikacji parametrów wytrzymałościowych materiału konstrukcyjnego pocisku kinetycznego przeznaczonego do penetracji pancerzy można zastosować test Taylora, podczas którego odkształcenia plastyczne mogą osiągnąć kilkaset procent [2].

W niniejszej pracy badaniom wytrzymałościowym w próbie na ściskanie poddano próbki walcowe o średnicy $d_o \approx 6 \text{ mm}$ i długości $l_o \approx 12$, pobrane z prętów wykonanych ze

spieku na osnowie wolframowej, używanych w produkcji 120 i 125 mm pocisków typu APFSDS-T w Fabryce Produkcji Specjalnej Sp. z o.o w Bolechowie k/Poznań.

Skład chemiczny tego materiału oraz jego statyczne właściwości mechaniczne (zgodnie z kartą producenta) w temperaturze pokojowej: R_{02} - granicę plastyczności przy umownym odkształceniu trwałym 0,2 %, R_m - wytrzymałość na rozciąganie, A_5 – względne wydłużenie po rozerwaniu, HRC – twardość, podano w tabeli 1. Gęstość ρ_0 tego stopu wynosi $17,3 \text{ g/cm}^3$.

Tabela 1. Skład chemiczny i własności mechaniczne badanego spieku na osnowie wolframowej

Składniki stopowe, %	W	Fe	Ni	Co
		91,25	8,75	
Właściwości mechaniczne	R_{02} [MPa]	R_m [MPa]	A_5 [%]	Twardość
	Min. 1200	Min. 1300	Min. 8	Min. 38 HRC

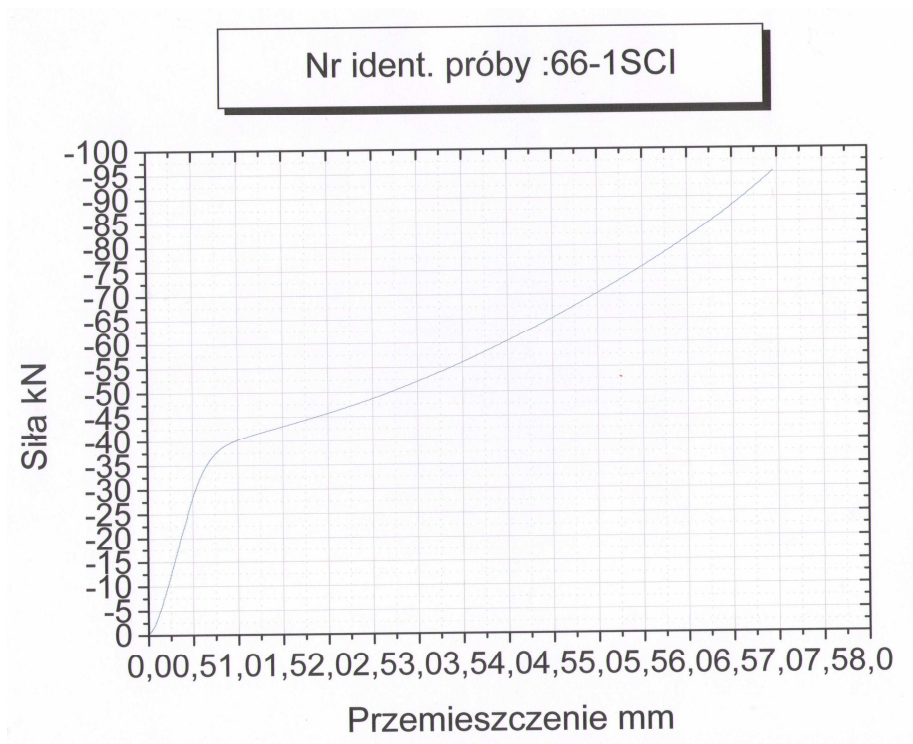
2. Przebieg badań

Badania quasi-statyczne przeprowadzono na stanowisku badawczym w Fabryce Produkcji Specjalnej Sp. z o.o w Bolechowie k/Poznań na maszynie wytrzymałościowej FPZ-100/1 (100 kN). Stanowisko badawcze przedstawiono na rysunku 1.

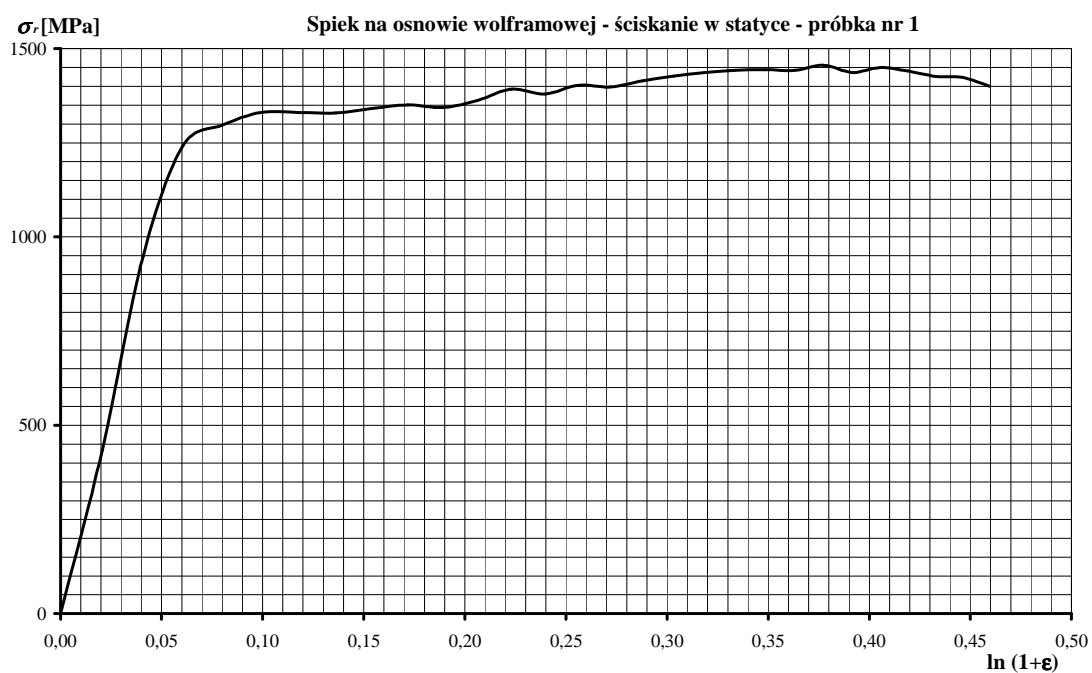


Rys. 1. Maszyna wytrzymałościowa FPZ-100/1 (100 kN) użyte w badaniach statycznych

Badaniu poddano 10 próbek – po 5 dla szybkości odkształceń $\dot{\epsilon}$ równych $3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ i $7 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$. Na rys. 2 przedstawiono przebieg obciążenia siłą próbki nr 1 w funkcji przemieszczenia w formie wydruku z maszyny wytrzymałościowej, zaś na rys.3 zaprezentowano wykres naprężeń rzeczywistych σ_r w funkcji odkształcenia ϵ wyrażonego w mierze inżynierskiej [3].



Rys. 2. Przebieg charakterystyki siły obciążającej próbkę nr 1 w funkcji przemieszczenia (wydruk z maszyny wytrzymałościowej)



Rys.3. Wykres napężenie-odkształcenie dla spieku na osnowie wolframowej uzyskany w badaniach quasi-statycznych (próbka nr 1), ϵ - miara inżynierska, σ_r - napężenia rzeczywiste [3]

Kształt wykresu na rys. 3 (zbieżny dla kolejnych dziewięciu próbek) w sposób jednoznaczny wskazuje na biliniową charakterystykę wytrzymałości na ściskanie materiału spieku na osnowie wolframowej. Ponieważ podczas badania nie zanotowano zniszczeń (pęknięć) próbek, badania prowadzono do maksymalnego obciążenia siłą o wartości 95 kN, bliskiej wartości granicznej dla użytego stanowiska badawczego.



Rys. 4. Widok próbek walcowych po przeprowadzeniu badań statycznych wytrzymałości próbek na ściskanie

3. Wyniki

Wyniki pomiarów zestawiono w tabeli 6.2.

Tabela 2. Zestawienie wyników pomiarów dla próby ściskania

Nazwa próbki	Średnica d0 [mm]	Długość początkowa l0 [mm]	Długość końcowa l1 [mm]	Siła Pc0,2 [kN]	Granica plastyczności Rc0,2 [MPa]
$\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$					
Próbka nr 1	5,97	11,97	5,98	32,5	1161,03
Próbka nr 2	5,97	11,97	6,18	33,7	1203,90
Próbka nr 3	5,98	11,98	6,08	34,0	1210,56
Próbka nr 4	5,98	11,98	6,06	33,0	1174,96
Próbka nr 5	5,98	11,95	6,02	33,7	1199,88
Wartość średnia (1-5) granicy plastyczności $R_{c0,2sr}$ [MPa]					1190,07
$\dot{\epsilon} = 7 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$					
Próbka nr 6	5,98	11,97	6,10	33,7	1199,88
Próbka nr 7	5,97	11,97	6,12	33,0	1178,90
Próbka nr 8	5,98	11,97	6,09	35,0	1246,17
Próbka nr 9	5,99	11,97	6,08	36,2	1284,59
Próbka nr 10	5,97	11,98	5,96	34,1	1218,19
Wartość średnia (6-10) granicy plastyczności $R_{c0,2sr}$ [MPa]					1225,55
Wartość średnia (1-10) granicy plastyczności $R_{c0,2sr}$ [MPa]					1207,81

Na podstawie przeprowadzonych badań statycznych można stwierdzić, że dla szybkości odkształceń $\dot{\epsilon}$ rzędu $3\div 7\cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ umowna granica plastyczności badanego spieku na osnowie wolframowej dla statycznej próby ściskania wynosi około 1207 MPa.

Literatura

- [1] Kruszka L., Magier M., Włodarczyk E.: Doświadczalne badania lepkoplastycznych własności stopu aluminium PA9. Materiały z V Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”, Waplewo, s.468-474, 2004r.
- [2] Włodarczyk E., Janiszewski J., Koperski W., Magier M.: Określenie dynamicznej granicy plastyczności metodą testu Taylora materiału penetratora wykonanego ze spieku na osnowie wolframowej. Biuletyn WAT, Vol. LVIII, nr 2, s.297-311, Warszawa, 2009r.
- [3] Hill R.: Theory of yielding and plastic flow of anisotropic materials, Proc. Roy. A193, p. 281-297, 1948r.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2009-2011 jako projekt badawczy własny nr O N501 052937.