



BIULETYN WAT
VOL. LV, NR 2, 2006

Badania właściwości penetracyjnych pocisków z rdzeniami ze spieku 90W-7Ni-3Fe wytworzonego różnymi metodami

TOMASZ MAJEWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechatroniki,
00-908 Warszawa, ul. S. Kaliskiego 2

Streszczenie. W pracy zamieszczono wyniki badań właściwości penetracyjnych spieków 90W-7Ni-3Fe. Materiał do badań wykonano metodą konwencjonalną (przez spiekanie w piecu oporowym) i rezystancyjną. Zastosowano ogółem trzy warianty procesu wytwarzania spieków. Rdzenie osadzono w płaszczu miedzianym pocisku 7,62 mm oraz sabocie stalowym kal. 8,6 mm. Rdzenie spiekane rezystancyjnie wykazywały lepsze właściwości penetracyjne niż spiekane w sposób tradycyjny w takiej samej atmosferze ochronnej.

Słowa kluczowe: balistyka końcowa pocisków, spieki W-Ni-Fe, spiekanie rezystancyjne

Symbole UKD: 623.54

1. Wstęp

Materiały wykorzystywane do produkcji rdzeni do pocisków przeciwpancernych, ze względu na ekstremalne warunki, w jakich następuje ich obciążanie, muszą charakteryzować się wysokimi właściwościami, zarówno wytrzymałościowymi, jak i plastycznymi [1]. Dlatego też od wielu lat prowadzi się badania nad zastosowaniem spieków ciężkich jako penetratory. Są to materiały kompozytowe na bazie wolframu i zawierające oprócz tego metalu również takie składniki, jak nikiel, miedź, żelazo, kobalt, ren w różnych proporcjach i konfiguracjach [2]. W Wojskowej Akademii Technicznej od kilku lat prowadzi się badania nad spiekami ciężkimi, z których szczególnie dobrymi właściwościami charakteryzuje się spiek zawierający 90% wolframu, 7% niklu i 3% żelaza [3, 4]. Materiały te wytwarza się przy zastosowaniu złożonych procesów, obejmujących operacje pra-

sowania i kilkustopniowego spiekania. W niniejszej pracy metodę tę nazwano konwencjonalną. Poza tym przeprowadzono próby wytworzenia tego kompozytu metodą rezystancyjną. W tym przypadku nagrzewanie proszku do temperatury spiekania realizuje się przez przepływ przez niego prądu elektrycznego [5, 6]. Zbadano właściwości spieków w warunkach statycznych, a także przeprowadzono próby odkształcania badanych próbek przy dużych szybkościach odkształcania. Badania te wykazały, że proces spiekania rezystancyjnego, pomimo iż prowadzony w atmosferze argonu, pozwala wytworzyć materiał nieustępujący swymi właściwościami mechanicznymi materiałowi spiekaniem w sposób konwencjonalny w próżni, która jest powszechnie uznawana za bardziej korzystną przy wykonywaniu spieków ciężkich niż atmosfera argonu [7]. Jednak dopiero badania wykonane w warunkach odpowiadających warunkom rzeczywistym, w jakich będą obciążane te materiały, pozwolą określić ich przydatność do wytwarzania rdzeni do pocisków przeciwpancernych, a także dokonać porównania właściwości penetracyjnych materiałów wytworzonych przy zastosowaniu różnych procesów wytwarzania.

2. Przygotowanie próbek do badań

W badaniach jako materiał wykorzystany do wytworzenia rdzeni zastosowano spieki wykonane przy zastosowaniu trzech zasadniczych wariantów:

- **proces konwencjonalny** (oznaczenie próbek i procesu — **A**) obejmujący następujące operacje:
 - 1 — mieszanie;
 - 2 — prasowanie izostatyczne na zimno (CIP) — 300 MPa;
 - 3 — spiekanie wstępne w atmosferze zdysocjowanego NH_3 (temperatura do 1180°C; 2 h);
 - 4 — spiekanie z fazą ciekłą w próżni (temperatura 1480°C; 0,5 h),
- **proces konwencjonalny (B):**
 - 1 — mieszanie;
 - 2 — prasowanie izostatyczne na zimno (CIP) — 300 MPa;
 - 3 — spiekanie wstępne w atmosferze zdysocjowanego NH_3 (temperatura do 1180°C; 2 h);
 - 4 — spiekanie z fazą ciekłą w argonie (temperatura 1480°C; 0,5 h),
- **spiekanie rezystancyjne (C):**
 - 1 — mieszanie;
 - 2 — prasowanie matrycowe — 200 MPa;

- 3 — spiekanie wstępne w atmosferze zdysocjowanego NH_3 (temperatura do 1180°C ; 2 h);
 4 — spiekanie z fazą ciekłą w argonie (temperatura 1480°C ; 5 minut).

Parametry procesu spiekania (temperatura i czas spiekania) w poszczególnych wariantach zostały przyjęte na podstawie optymalizacji procesów spiekania pod kątem otrzymania najlepszych właściwości mechanicznych wytworzonych materiałów (wytrzymałość na ściskanie, skrócenie względne) [3, 4, 6].

Porównanie próbek A i B pozwoliło określić czułość właściwości spieków ciężkich na zmianę warunków spiekania w przypadku procesu konwencjonalnego. Natomiast w przypadku procesu C spiekanie końcowe było realizowane w atmosferze argonu, podobnie jak w procesie B.

Oprócz ww. materiałów w pierwszej fazie badań zastosowano również rdzenie wykonane z prętów wolframowych.

Badania porównawcze przebijalności pocisków z różnymi rodzajami rdzeni prowadzono dla dwóch wariantów różniących się konstrukcją pocisku i sposobem zamocowania rdzenia. W pierwszym przypadku jako pocisk bazowy przyjęto 7,62 mm pocisk karabinowy naboju wz.1908, którego płaszcz został wykonany z miedzi M1E metodą obróbki skrawaniem, a następnie osadzono w nim rdzeń stosując pasowanie ciasne.

W drugim przypadku był to 8,6 mm pocisk z sabotem wykonanym ze stali 45 H, w którym osadzono rdzeń stosując pasowanie luźne. Rdzenie zastosowane w badaniach miały następujące wymiary:

- do pocisków karabinowych: średnica — 2 mm, długość 20 mm,
- do pocisków drugiego rodzaju(z sabotem): średnica — 3 mm, długość 30 mm.

Stosunek L/D wynosił dla wszystkich rodzajów rdzeni 10/1. Kształt wierzchołka rdzeni był płaski. Dane dotyczące poszczególnych rodzajów rdzeni przedstawiono w tabeli poniżej.

TABELA I

Zestawienie danych dotyczących rdzeni wykorzystanych w badaniach

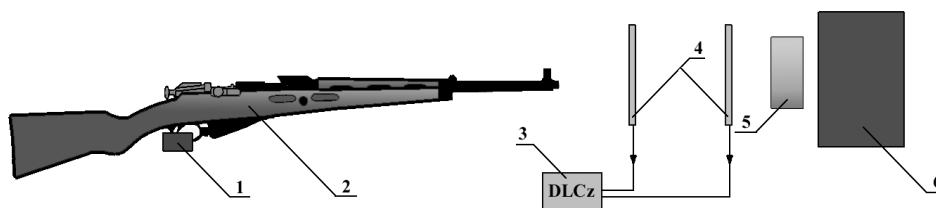
Lp.	Materiał	Gęstość [g/cm ³]	L/D	Twardość [HV10]	Granica plastyczności przy $\dot{\epsilon} = 2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ [MPa]
1	Rdzeń wolframowy	19,23	10/1	459	–
2	A	17,15	„	331	2238
3	B	16,85	„	273	1732
4	C	17,08	„	315	1973

Wyniki pomiaru granicy plastyczności przy szybkości odkształcenia $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ pochodzą z badań własnych z zastosowaniem dzielonego pręta Hopkinsona [8].

3. Stanowisko badawcze

Badania prowadzono na podstawie metodyki opracowanej w Zakładzie Konstrukcji i Eksploatacji Broni Palnej WAT (obecnie Zakład Konstrukcji Specjalnych i Balistyki IEM WAT) [9-11], która normuje przygotowanie stanowiska, amunicji, tarcz, broni, przyrządów i aparatury badawczej. Eksperyment polegał na ostrzeliwaniu tarczy pociskami o różnej konstrukcji z różnymi prędkościami.

Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1. Stanowisko to składa się z: urządzenia odpalającego, układu miotającego, dwukanałowego licznika czasu, bariery pomiarowej, tarczy i kulochwytu. Podczas badań układ miotający i tarczę przytwierdzono do masywnej podstawy.



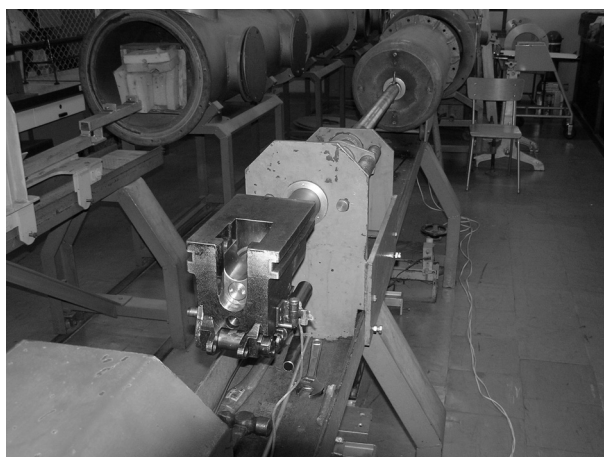
Rys. 1. Schemat ideowy stanowiska badawczego: 1 — urządzenie odpalające; 2 — układ miotający; 3 — dwukanałowy licznik czasu; 4 — bariera pomiarowa; 5 — tarcza; 6 — kulochwyt

Układem miotającym wykorzystywanym w badaniach pocisków karabinowych jest 7,62 mm karabin wz. 98/30. Układ ten umożliwia miotanie pocisków z prędkościami do 850 m/s. Do pomiaru prędkości pocisku metodą pośrednią wykorzystano dwukanałowy licznik czasu DLCz, mierzący czas przelotu pocisku przez barierę pomiarową o bazie 0,6 m. Bariera pomiarowa składa się z dwóch czujników pomiarowych: czujnika wyzwalającego pomiar czasu i czujnika zatrzymującego pomiar czasu. Do określania parametrów oddziaływania, w toku badań określano wybrane charakterystyki geometryczne powstałych kraterów (głębokość penetracji, średnicę wlotową) oraz prędkości uderzenia V_U (mierzoną w odległości 0,5 m przed celem).

W tej części badań zastosowano pociski z płaszczem wykonanym z miedzi M1E. Jako przegrody wykorzystano kążki o średnicy 100 mm i grubości 25 mm ze stali 36 HNM o składzie chemicznym zbliżonym do stali stosowanej na standardowe płyty pancerne (RHA). Rdzenie pocisków wykonano wg wariantów A, B i C procesu wytwarzania, a także zastosowano rdzenie wolframowe. Dla okre-

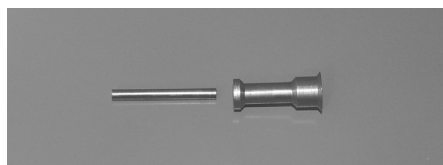
ślenia wpływu płaszcza pocisku na penetrację, do tarczy strzelano również pociskami bez rdzenia.

Do przeprowadzenia części badań dotyczącej strzelania pociskami z sabotem, ze względu na konstrukcję pocisku zastosowano inny układ miotający, w skład którego wchodzi m.in. lufa o kalibrze 8,6 mm; pozostałe części stanowiska nie uległy zmianie. Układ miotający zastosowany do badań pocisków z sabotem jest układem gładkolufowym i umożliwia miotanie pocisków z prędkościami przekraczającymi 1100 m/s. Stanowisko badawcze przeznaczone do strzelania pociskami z sabotem przedstawiono na fot. 1.



Fot. 1. Stanowisko do strzelania pociskami z sabotem

Jako przegrody wykorzystano krążki o średnicy 100 mm i grubości 40 mm ze stali 36HNM. Rdzenie wykonane z materiałów w wariantach A-C umieszczono w sabotach (fot. 2) wykonanych ze stali 45H.



Fot. 2. Rdzeń i sabot wykorzystane do strzelania z 8,6 mm lufy gładkiej

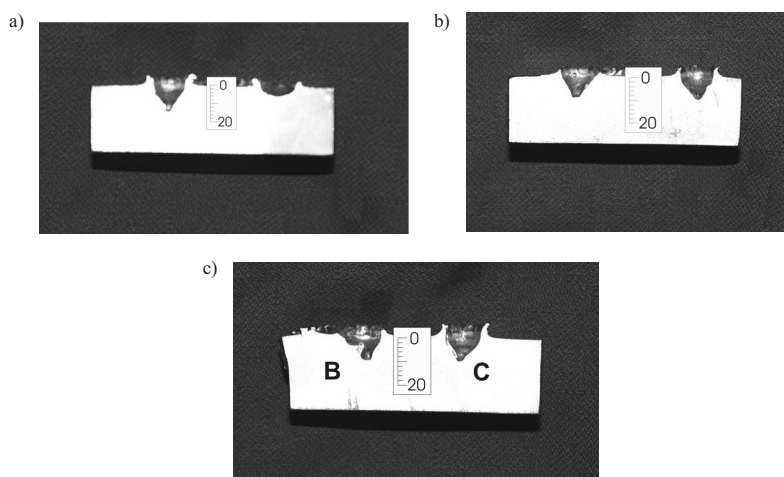
4. Wyniki z przeprowadzonych badań

4.1. Wyniki badań przebijalności pociskami karabinowymi kalibru 7,62 mm

Na fot. 3 pokazano przykładowe efekty oddziaływania pocisków kalibru 7,62 mm na tarcze.

Jak wynika z przedstawionych fotografii, wnikanie rdzenia w pancerz było w przybliżeniu prostopadłe do czoła przegrody. Pocisk bez rdzenia penetrował pancerz w znacznie mniejszym stopniu niż pociski z rdzeniami.

Na fot. 4 przedstawiono fragmenty rdzeni po strzelaniu. Dla wszystkich wariantów materiału rdzenia można zauważyć, że nastąpiło zwiększenie ich średnicy na znacznej długości, połączone z wyboczeniem i w konsekwencji — fragmentacją. Wynikiem tych zjawisk było uzyskanie niezbyt dużych wartości przebicia pancerza.



Fot. 3. Efekty oddziaływania pocisków z płaszczami wykonanymi z miedzi na tarcze: a) pocisk z rdzeniem wolframowym i bez rdzenia; b) rdzeń wg wariantu A; c) rdzenie wg wariantów B i C



Fot. 4. Rdzenie (wariant B) po badaniach przebijalności

TABELA 2

Głębokość penetracji w zależności od zastosowanego materiału rdzenia w pociskach kal. 7,62 mm

Rodzaj rdzenia	Prędkość pocisku [m/s]	Masa pocisku [g]	Głębokość penetracji [mm]	Maksymalna średnica krateru [mm]
Bez rdzenia	790	11,62	3,2	15,1
Rdzeń wolframowy	801	12,73	10,2	14,0
A	827	12,37	9,4	14,5
B	823	12,41	9,2	14,6
C	820	12,44	10,0	14,3

Wyniki badań głębokości penetracji pocisków z rdzeniami tylko w niewielkim stopniu różnią się między sobą. Największą penetrację otrzymano dla pocisków z rdzeniem wolframowym, najmniejszą — dla rdzenia ze spieku ciężkiego, wykonanego przy zastosowaniu wariantu B. Rdzenie wykonane metodą rezystancyjną wykazały przebicie większe niż rdzenie wytworzone z zastosowaniem procesu konwencjonalnego. Pocisk bez rdzenia wniknął w przegrodę na głębokość około 3 razy mniejszą niż pociski z rdzeniem.

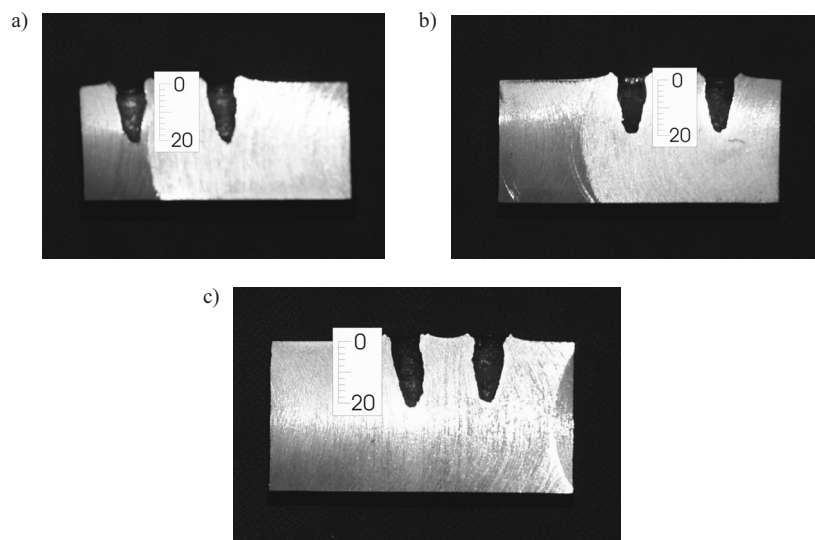
Z kolei krater o największej średnicy powstał przy penetracji pocisku bez rdzenia, o najmniejszej dla pocisku z rdzeniem wolframowym.

Ogólnie można powiedzieć, że wyniki badań penetracyjnych rdzeni ze spieków ciężkich wykazały niskie wartości przebicia (prawdopodobnie w wyniku fragmentacji rdzeni). Są jednak zgodne z rezultatami eksperymentów wykonywanych przez innych badaczy dla tego zakresu prędkości uderzenia pocisków [12, 13]; penetrację o wartości równej długości rdzenia (dla stosunku $l/d = 10$) otrzymywano dopiero przy prędkości równej 1500 m/s.

4.2. Wyniki badań przebijałości pociskami z sabotem kalibru 8,6 mm

Na kolejnych zdjęciach przedstawiono efekty oddziaływania pocisków z sabotem na tarczy (fot. 5), a wyniki tych badań ujęto w tabeli 3.

Na fot. 6 pokazano fragment sabotu z rdzeniem po oddziaływaniu na przegrodę. W tym przypadku można zauważyć wyraźny efekt grzybkowania rdzenia, jak również znaczny ubytek masy, zarówno rdzenia, jak i sabotu. Jest to typowe zjawisko, występujące podczas penetracji rdzeni ze spieków ciężkich, przy odpowiednio dużych prędkościach uderzenia. Powoduje ono zmniejszenie wartości przebicia w stosunku do rdzeni ze zubożonego uranu [14, 15].

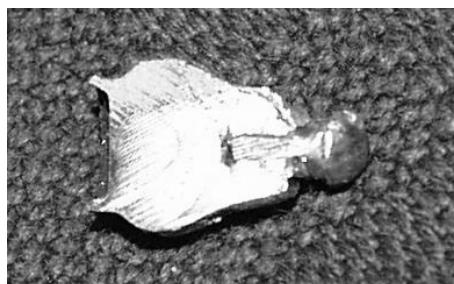


Fot. 5. Efekty oddziaływania pocisków z rdzeniami umieszczonymi w sabocie na tarcze: a) rdzeń wg wariantu A; b) rdzeń wg wariantu B; c) rdzeń wg wariantu C

TABELA 3

Głębokość penetracji w zależności od zastosowanego materiału rdzenia w pociskach kal. 8,6 mm

Rodzaj rdzenia	Prędkość pocisku [m/s]	Masa pocisku [g]	Głębokość penetracji [mm]	Maksymalna średnica krateru [mm]
A	1177	10,36	20,9	10,4
B	1163	10,32	19,5	10,2
C	1166	10,15	20,2	9,7



Fot. 6. Rdzeń (wariant A) po badaniach przebijalności

Jak widać z przedstawionych wyników, dla znacznie większych prędkości pocisku, największą głębokość penetracji wykazują spieki wykonane wg wariantu A, najmniejszą — B. Również największą średnicę krateru uzyskano dla rdzeni A.

5. Podsumowanie

W badaniach przeprowadzono badania efektów oddziaływania pocisków z rdzeniami wykonanych różnymi metodami. W pierwszym etapie zastosowano pociski wzorowane na 7,62 mm pociskach karabinowych. W drugim przypadku rdzeń umieszczono w sabocie, dzięki czemu uzyskano strzelecki pocisk podkalibrowy, który umożliwił rozpędzenie penetratora do znacznie większych prędkości.

W obu przypadkach kształt rdzenia był cylindryczny (bez specjalnego kształtowania wierzchołka). Wiele prac [16, 17] wskazuje na to, że kształt rdzenia dla tego zakresu prędkości i traktowaniu rdzenia jako ciało sztywne ma istotny wpływ na penetrację. Przy optymalizacji przebicia przyjmuje się kształty stożkowe lub ostrołukowe. Potwierdzają to również badania prowadzone w ramach pracy doktorskiej pod kierownictwem prof. Włodarczyka nt. „Opracowanie nowoczesnych spiekanych pocisków amunicji strzeleckiej i zbadanie ich właściwości balistycznych”.

Modele w niskim zakresie prędkości (amunicja strzelecka) traktują rdzeń (lub cały pocisk) jako ciało doskonale sztywne. Odkształcenie rdzenia (lub elementu penetrującego) uwzględniane jest w pełnym zakresie dla wyższych prędkości [18].

W przypadku pocisków karabinowych wygląd kraterów świadczy o tym, że rdzeń odkształcał się w sposób świadczący o zbyt niskiej jego sztywności, co powodowało zmniejszenie głębokości wnikania dla badanego zakresu prędkości. W drugim etapie rdzenie o większej średnicy umieszczono w sabocie i strzelano ze znacznie większymi prędkościami. Uzyskano znacznie wyższe głębokości penetracji.

W tej części eksperymentu największą przebijalność wykazywały rdzenie A, najmniejszą — rdzenie B. Takie same zależności można zauważyć w stosunku do twardości badanych spieków, jak i ich granicy plastyczności wyznaczonej przy odkształceniu dynamicznym. Jednak uzyskane wyniki pozwalają stwierdzić, że rdzenie C wykazują wyższe wartości przebicia od spieków B (w obydwu etapach badań). Można więc stwierdzić, że rdzenie spiekane rezystancyjnie charakteryzują się lepszymi właściwościami penetracyjnymi niż spiekane w sposób tradycyjny w takiej samej atmosferze ochronnej (argon). Zatem wydaje się możliwe, że przeprowadzenie spiekania materiału C w takich samych warunkach, jak w przypadku wariantu A (próżnia), pozwoli otrzymać lepsze właściwości mechaniczne (również penetracyjne) tego kompozytu.

6. Wnioski

1. Przedstawione wyniki wykazały niewielki wpływ właściwości mechanicznych rdzeni na wartość penetracji (szczególnie dla niskich prędkości uderzenia).

2. Przebijalność pocisków 7,62 mm z rdzeniami wykonanymi metodą C była najwyższa, porównywalna z pociskiem z rdzeniem wolframowym. W przypadku rdzeni osadzanych w sabocie największą penetrację wykazywały rdzenie wykonane metodą A, a w dalszej kolejności C i B.
3. Przebijalność rdzeni pocisków osadzonych w sabocie 8,6 mm wykonanych metodą A była najwyższa, porównywalna z pociskiem B-32. Ich prędkość była o ponad 40% wyższa od prędkości pierwszej grupy pocisków. Energia kinetyczna była o ponad 100% wyższa od energii pocisku B-32 i prawie o 70% wyższa od energii pozostałych próbek A, B i C.
4. Podczas strzelania pociskami 7,62 mm następowało łamanie się rdzenia podczas uderzenia; zjawiska tego nie zaobserwowano w trakcie strzelania rdzeniami osadzonymi w sabotach.
5. Przeprowadzenie strzelania badanymi rdzeniami pozwoliły stwierdzić, że spiekanie rezystancyjne pozwala uzyskać materiał o lepszych właściwościach penetracyjnych niż wykonany metodą konwencjonalną w zbliżonych warunkach.

Niniejsza praca została wykonana w ramach projektu 4 T08A 015 22 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych.

Artykuł wpłynął do redakcji 6.04.2005 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano w maju 2005 r.

LITERATURA

- [1] Z. LUDYŃSKI, W. NOWAK, *Spieki ciężkie — technologia i właściwości*, Metalurgia Proszków, 1995, nr 2, 24- 28.
- [2] R. M. GERMAN, *Critical Developments in Tungsten Heavy Alloys*, materiały z konferencji naukowej, Tungsten & Tungsten Alloys — 1992, Arlington, Virginia, november 1992, 3-13.
- [3] E. WŁODARCZYK, J. MICHAŁOWSKI, J. PIĘTASZEWSKI, M. MICHAŁOWSKI, *Wpływ sposobu przygotowania mieszanek proszkowych na mikrostrukturę i wybrane właściwości spieków W-Ni-Fe-Re*, Biul. WAT, 5-6, 2003, 65-79.
- [4] E. WŁODARCZYK, J. MICHAŁOWSKI, J. PIĘTASZEWSKI, *Wpływ czasu spiekania z udziałem fazy ciekłej na niektóre właściwości spieku ciężkiego 90W-7Ni-3Fe*, Biul. WAT, 3, 2002, 109-121.
- [5] A. I. RAJZENKO, *Osnovy processa spiekaniya poroszkow propuskaniem elektriczeskowo toka*, Metalurgija, Moskwa 1987.
- [6] T. MAJEWSKI, *Analiza wpływu parametrów spiekania rezystancyjnego na strukturę i właściwości spieków W-Ni-Fe*, rozprawa doktorska, WAT, Warszawa 2000.
- [7] S. FAROOQ, P. B. KEMP, R. M. GERMAN, A. BASE, *Effect of Initial Oxygen Content and Sintering Atmosphere Dew Point on the Properties of Tungsten Based Heavy Alloys*, Refractory Materials and Hard Metals, 1989, no 12, 236-243.
- [8] L. KRUSZKA, T. MAJEWSKI, *Analiza eksperymentalna krzywych umocnienia spieków ciężkich przy zastosowaniu różnych szybkości odkształcenia i sposobów obciążenia. Problemy Techniki Uzbrojenia, XIV Konferencja Naukowo-Techniczna „Problemy rozwoju produkcji i eksploatacji techniki uzbrojenia”*, Rynia 2005.

- [9] E. WŁODARCZYK, R. TRĘBIŃSKI, W. KOPERSKI, M. MICHAŁOWSKI, *Wstępne badania pocisków amunicji strzeleckiej wykonanych techniką metalurgii proszków*, referat wygłoszony i opublikowany w Materiałach IV Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”, Waplewo, 2002.
- [10] E. WŁODARCZYK, W. KOPERSKI, M. MICHAŁOWSKI, *Zastosowanie materiałów spiekanych na pociski amunicji strzeleckiej. Badania wstępne pocisków wytworzonych techniką metalurgii proszków*, referat wygłoszony i opublikowany w Materiałach Konferencji: XXXII Szkoła Inżynierii Materiałowej, Krynica, 2004.
- [11] E. WŁODARCZYK, W. KOPERSKI, M. MICHAŁOWSKI, *Badania eksperymentalne balistyki końcowej spiekanych ćwiczebnych pocisków amunicji strzeleckiej o zmniejszonej zdolności do rykoszetowania*, referat wygłoszony i opublikowany w Materiałach V Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe Aspekty Techniki Uzbrojenia”, Waplewo, 6-8.10.2004.
- [12] L. S. MAGNESS, *Properties and Performance of KE Penetrator Materials*, op. cit. [2], 15-22.
- [13] P. WOOLSEY, R. DOWDING, *Performance — property relationships in Tungsten Heavy Alloys*, op. cit. [2], 533-540.
- [14] A. BOSE, J. LANKFORD, H. COUQUE, *Influence of microstructure on shear localization in Tungsten Heavy Alloys*, op. cit. [2], 291-297.
- [15] J. LANKFORD, H. COUQUE, A. BOSE, C. E. ANDERSON, *Microstructure Dependence of High-Strain-Rate Deformation and Damage Development in Tungsten Heavy Alloys, Shock-Wave and High-Strain-Rate Phenomena in Materials*, Marcel Dekker Inc., New York, 1992, 137-145.
- [16] E. WŁODARCZYK, M. MICHAŁOWSKI, Z. GŁODOWSKI, *Wnikanie nieodkształcalnego pocisku w metalową półprzeźręć*, Biul. WAT, 10, 2002.
- [17] S. E. JONES, W. K. RULE, *On the optimal nose geometry for a rigid penetrator, including the effects of pressure-dependent friction*, International Journal of Impact Engineering, 24, 2000, 403-415.
- [18] E. WŁODARCZYK, M. MICHAŁOWSKI, Z. GŁODOWSKI, *Zmodyfikowany hydrodynamiczny model wnikania długiego pręta w przegrodę. Synteza danych literaturowych*, Prace Naukowe ITWL, nr 14, 2002.

T. MAJEWSKI, M. MICHAŁOWSKI, W. KOPERSKI

Studies of penetration properties of missiles with cores made of 90W-7Ni-3Fe sinter fabricated using different methods

Abstract. The study results of penetration properties of missiles with cores made of 90W-7Ni-3Fe sinter are presented. The material for studies has been fabricated using a conventional method (sintering in a resistance oven) and a resistance one. Three variants of the sinter fabrication have been used. The cores have been sited in the copper envelope of the 7.62 mm missile as well as in a steel one of 8.6 mm calibre. The resistance sintered cores showed a better penetration properties than ones traditionally sintered in the same protecting atmosphere.

Keywords: final ballistics of missiles, W-Ni-Fe sinters, resistance sintering, military materials science

Universal Decimal Classification: 623.54

