

dr inż. Jerzy STĘPIEŃ
doc. dr hab. inż. Bogdan GARBARZ
dr inż. Marek BURDEK
dr inż. Jarosław MARCISZ
dr Wojciech BURIAN
Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica w Gliwicach

NOWOCZESNE MATERIAŁY STALOWE DO WYTWARZANIA OKUĆ, ŁUSEK, KORPUSÓW POCISKÓW RAKIETOWYCH I ARTYLERYJSKICH ORAZ PANCERZY

Streszczenie: W wyniku realizacji projektów badawczych rozwojowych, projektów celowych, prac własnych dofinansowanych ze środków budżetowych oraz prac zleconych przez zakłady przemysłu obronnego, Instytut Metalurgii Żelaza (IMŻ) we współpracy z Politechniką Poznańską, wojskowymi instytutami badawczymi i wytwórcami rozwijanych wyrobów opracował nowoczesne materiały konstrukcyjne na elementy uzbrojenia. Opracowano również technologie wytwarzania wyrobów z tych materiałów, które znalazły zastosowanie m.in. w produkcji do amunicji okuć 120mm, korpusów silników raketowych kalibru od 70 do 300mm, pierścieni wiodących do pocisków kalibru 35mm i skorup HE (high explosive). Obecnie rozpoczęto projekt mający na celu opracowanie supertwardych materiałów na bazie stopów żelaza z przeznaczeniem na pancerze. W celu zapewnienia dostaw specjalnych materiałów metalowych do zastosowań w przemyśle obronnym, przedstawiono koncepcję uruchomienia centrum produkcji i rozwoju metalowych materiałów konstrukcyjnych.

MODERN STEEL MATERIALS USED IN PRODUCTION OF CARTRIDGE-CASES, CARTRIDGES, BODIES OF ROCKET AND ARTILERY PROJECTILES AND ARMOUR

Abstract: As a result of research and development projects, targeted projects, own projects subsidized with the domestic budget funds and research commissioned by defense industry plants, Institute for Ferrous Metallurgy in cooperation with Poznań University of Technology, military scientific institutes and manufacturers of the developed new products has worked out modern structural materials for elements of armament. Technologies for production of armament parts made from the new materials have been worked out. They are applied, among others, in production of 120mm cartridge cases, engine bodies of 70-300mm caliber rocket projectiles, leading rings for 35mm caliber missiles and HE (high explosives) shell cases. Currently a new project has been started. Its aim is to work out superhard materials on the basis of iron alloys dedicated for armour. In order to ensure supplies of special metallic materials used in defense industry, an idea of establishing centre for production and development of structural metallic materials was presented.

1. Wstęp

W okresie ostatnich kilkunastu lat w Instytucie Metalurgii Żelaza opracowano we współpracy z Politechniką Poznańską, wojskowymi instytutami badawczymi i wiodącymi krajowymi zakładami produkującymi uzbrojenie, nowoczesne gatunki stali i materiały na bazie

stopów żelaza oraz technologie wytwarzania tych materiałów i elementów stosowanych do produkcji pocisków raketowych i artyleryjskich. W opracowywaniu technologii wytwarzania wymienionych i innych wyrobów IMŻ współpracuje:

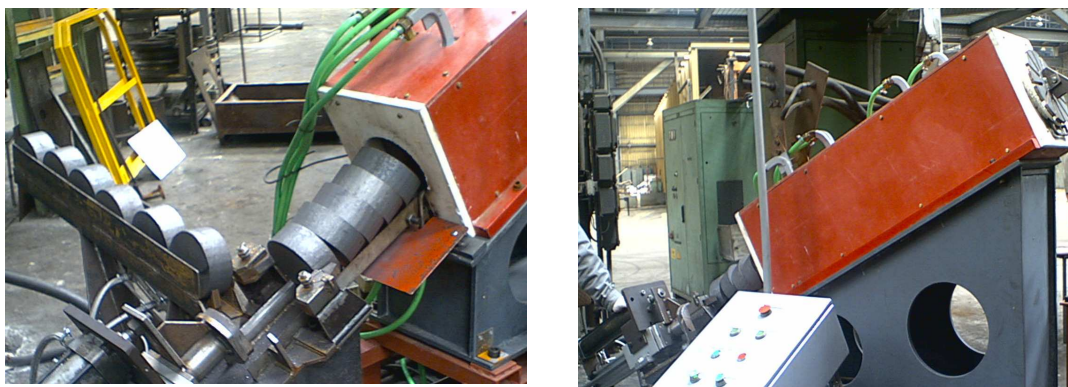
- z Fabryką Produkcji Specjalnej w Bolechowie w zakresie okuć kaliber 120mm ze stali Bw35HG NMV i korpusów silników raketowych ze stali 15HGMVŽ (122mm, 227mm, 300mm),
- z Zakładami Metalowymi „MESKO” w Skarżysku Kamiennej w zakresie wytwarzania pierścieni wiodących pocisków kalibru 35mm ze stali 004G i korpusów silników raketowych z nowoczesnych stali „maraging” dla zestawu raketowego GROM,
- z Zakładami Metalowymi „Kraśnik” w zakresie skorup z nowoczesnej stali o roboczym symbolu MOD,
- z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia w zakresie projektowania i zastosowania supertwardych materiałów ze stopów żelaza na pancerze.

2. Okucia do amunicji kalibru 120 mm

Przedstawiono wybrane wyniki projektu celowego nr 225/BO/B pt.: „Okucie do amunicji bojowej i ćwiczebnej do 120 mm armaty czołgu LEOPARD 2A4”, realizowanego we współpracy Politechniki Poznańskiej, Instytutu Metalurgii Żelaza i Fabryki Produkcji Specjalnej w Bolechowie [1]. Amunicja artyleryjska kalibru 120 mm do czołgu „Leopard „ jest produkowana w wersji pocisku podkalibrowego i odłamkowo-burzącego, w odmianach bojowej i ćwiczebnej. Łuska do naboju 120 mm składa się z części spalającej się w czasie strzału oraz metalowego okucia. Na okucie oddziałuje wysokie ciśnienie, które w czasie strzału osiąga wartość rzędu 500 MPa. Okucie musi więc spełniać określone wymagania w odniesieniu do wytrzymałości oraz odkształcalności sprężystej i plastycznej. Oczekiwane wartości właściwości stali na okucia zostały określone na następującym poziomie:

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| • wytrzymałość na rozciąganie | R_m (max) = 1420 MPa |
| • granica plastyczności | $R_{0,2}$ (min) = 1180 MPa |
| • wydłużenie całkowite | A_5 (min) = 10 % |
| • przewężenie | Z (min) = 10 % |
| • twardość | od 400 HB do 430 HB |

Na podstawie określonych w wyniku analizy wymagań opracowano nowy gatunek stali o symbolu Bw35HG NMV [2] przeznaczony na okucie 120mm. Wytop przemysłowy został wykonany w Hucie Batory z wykorzystaniem urządzenia VAD. Stal Bw35HG NMV w stosunku do składu innych stali o podobnym zastosowaniu różni się w znacznej mierze ograniczeniem zawartości siarki i fosforu oraz zastosowaniem modyfikacji wtrąceń niemetalicznych za pomocą wapnia. Na podstawie dokumentacji opracowanej przez IMŻ, FPS w Bolechowie zbudowała stanowisko do wytwarzania wyprasek na okucia 120 mm ze stali Bw35HG NMV, które składa się z zespołu podawania wsadu zimnego, z zespołu nagrzewania wsadu wyposażonego we wzbudnik i zespołu transportu nagrzanego wsadu pod prasę kolanową PK 25 MN w 2 minutowym cyklu. Stanowisko do wyciskania okucia na gorąco przedstawiono na rys. 1 [3].



Rys. 1. Stanowisko do nagrzewania wsadu: podawanie i pulpit sterowania podawania wsadu

3. Materiał i technologia wytwarzania korpusów silników rakiet kalibru 122mm zgniatanych obrotowo na zimno

W ramach projektu celowego realizowanego we współpracy FPS Bolechowo, Politechniki Poznańskiej i Instytutu Metalurgii Żelaza [4] dobrano materiał i opracowano technologię produkcji korpusów pocisków rakietowych Feniks. W tym celu przeprowadzono eksperymentalną weryfikację składu chemicznego stali na korpusy o średnicy 122mm zgniatanych obrotowo na zimno oraz opracowano charakterystyki materiałowe dobrego gatunku stali. Materiał na korpusy po zgniataniu obrotowym na zimno powinien charakteryzować się następującymi właściwościami mechanicznymi: $R_m = 1380 \div 1500$ MPa oraz $A_5 = \geq 6\%$ (przed zgniataniem obrotowym $A_5 \geq 10\%$). Z analizy literaturowej przeprowadzonej w ramach pracy [5] wynikało, że wymagania takie może spełnić gatunek stali 15CDV6 opracowany we Francji [6]. Ze względu na proces technologiczny stosowany do wytwarzania korpusów cienkościennych (grubość ścianki korpusu 1,5mm) materiał na korpusy musi charakteryzować się wysoką czystością metalurgiczną – w szczególności niedopuszczalna jest obecność w stali nieplastycznych tlenków, a także wymagana jest ograniczona zawartości fosforu i siarki. W opracowanym w ramach projektu gatunku zawężono górne zakresy zawartości Mn i Mo oraz zakresy zawartości C i Al w stosunku do specyfikacji dla stali 15CDV6. W celu uniknięcia występowania w stali tlenków w formie łańcuszków i tlenków stosunkowo dużych rozmiarów, w technologii wytwarzania stali zastosowano pozapiecową obróbkę próżniową, modyfikację wtrąceń niemetalicznych wapniem i przetop elektrożuźlowy wlewków (EŻP). Nowo opracowany gatunek stali oznaczono 15HGMVŻ.

W wyniku przeprowadzonych badań [7] stwierdzono, że:

- Korpusy ze stali 15HGMVŻ spełniają wymagania w zakresie właściwości mechanicznych określonych w Warunkach Technicznych FPS Bolechowo oraz we francuskiej normie AIR Nr 9160C071, po obróbce cieplnej obejmującej hartowanie i odpuszczanie ($R_m = 1080$ do 1280 MPa i $A_5 \geq 10\%$). Uzyskano wytrzymałość na poziomie 1114 - 1154 MPa oraz wydłużenie A_5 na poziomie 12,0 % - 12,9 %.
- W korpusach ze stali 15HGMVŻ ulepszonych cieplnie i następnie zgniatanych obrotowo na zimno wytrzymałość wynosiła od 1228 do 1722 MPa, a po ustabilizowaniu parametrów procesu zgniatania uzyskano wytrzymałość wyrobu finalnego w zakresie: $R_m = 1380$ do 1500 MPa.

4. Opracowanie podstaw technologii wytwarzania modelowych korpusów raket kalibru 227mm i 300mm zgniatanych obrotowo na zimno

Celem badań prowadzonych w ramach projektu badawczego rozwojowego [8] było opracowanie podstaw technologii produkcji korpusów ze wsadów formowanych na gorąco w postaci rur grubościennych oraz ich weryfikacja w warunkach przemysłowych. Dla wytworzenia korpusów silników raketowych o kalibrze 227 mm lub 300mm przy zastosowaniu wyciskania na gorąco wyprasek na korpusy z dnem, do operacji wyciskania należy zastosować prasę o skoku powyżej 850mm i sile nacisku kilku tysięcy ton. W kraju nie ma prasy spełniającej powyżej przedstawione wymagania techniczne, stąd zaproponowano zmiany technologiczne w procesie wytwarzania korpusów [8, 9]:

<i>Dotychczas stosowana technologia wytwarzania korpusu 122mm</i>	<i>Proponowana technologia wytwarzania korpusu 227mm i 300mm</i>
Wytwarzanie wlewków EŻP	Wytwarzanie wlewków EŻP
Walcowanie na gorąco kęsisk z wlewków EŻP	Kucie na gorąco kęsisk z wlewków EŻP
Wyciskanie na gorąco wyprasek na prasach pionowych	Walcowanie na gorąco rur grubościennych
	Roztłaczanie na gorąco rur grubościennych do średnicy powyżej 310mm (korpusy kalibru 300mm)
Obróbka skrawaniem wyprasek	Obróbka skrawaniem tulei
Obróbka cieplna wyprasek	Obróbka cieplna tulei
Zgniatanie obrotowe na zimno wyprasek	Zgniatanie obrotowe na zimno tulei
	Łączenie dna z płaszczem korpusów metodami skręcania (toczenie gwintów) lub spawania

Na podstawie podanych poniżej założeń, na korpus silnika raketowego kalibru 227mm i 300mm wybrano stal w gatunku 15HGMVŻ dotychczas stosowaną na korpusy silnika raketowego do pocisku „Feniks” (122mm):

- ciśnienie wewnątrz korpusu w czasie zapłonu i w trakcie lotu rakiety torem czynnym nie przekracza 20 MPa,
- średnica zewnętrzna korpusu wynosi 227mm lub 300mm,
- korpus ma budowę składaną z płaszcza oraz dna, a montaż korpusu z dnem, głowicą bojową oraz zespołem „dysza – usterzenie,„ jest realizowany za pomocą połączenia gwintowego lub spawanego.

Wstępna technologia produkcji korpusu przewiduje operacje wykonania:

- a) **płaszcz** - walcowanie na gorąco rury z kęsa kwadratowego o wymiarach przekroju poprzecznego 280 x 280 mm ze ściętymi narożami o przekątnej 363 mm po przetopieniu elektrożuźlowym, obróbka skrawaniem i obróbka cieplna oraz zgniatanie obrotowe płaszcza korpusu
- b) **dna** - wykonanie alternatywne: metodą prasowania na gorąco lub metodą kucia kęsiska i połączenie dna z płaszczem korpusu.

Wytopy przemysłowe stali 15HGMVŻ wykonano w elektrycznym piecu indukcyjnym Siemens o pojemności 1,5 t w Spółce Magnesy Baildon [10]. Z wytopów przemysłowych odlano wlewki elektrodowe kw. 180 mm, które przetopiono elektrożuźlowo w Kuźni Batory na urządzeniu EŻP w krystalizatorze K860 [11]. Rury wykonano w Zakładzie Produkcji Rur w ISD Huta Częstochowa [12]. Ze względu na wymiary wlewków po przetopieniu elektrożuźlowym, które nie są zgodne z wymaganiami Zakładu Produkcji Rur w ISD Huta Częstochowa, wlewki przekuto na przekrój kwadratowy 280 mm ze ściętymi narożami z zachowaniem

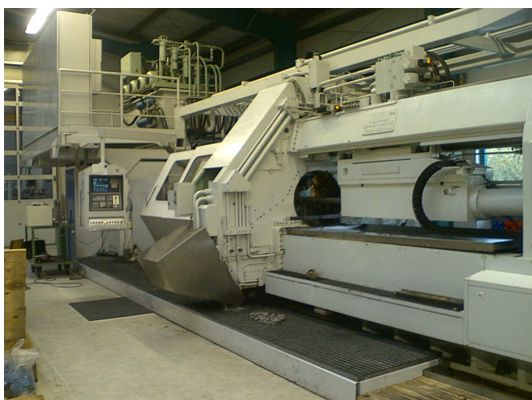
przekątnej 363 mm w zakładzie „Kuźnia Batory” Sp. z o.o. w Chorzowie. Rury po walcowaniu na gorąco pokazano na rys. 2.



Rys.2. Rury po walcowaniu na gorąco

Rury pocięto na odcinki, które po ulepszeniu cieplnym i po obróbce skrawaniem stanowią wsad do zgniatania obrotowego [13].

Proces zgniatania obrotowego tulei wsadowych przeprowadzono w kooperacji z niemiecką firmą SMF – Spanlose Metal Forming GmbH (SMF) na urządzeniu typu 3D65/CNC z wykorzystaniem istniejących narzędzi (będących w posiadaniu SMF), najbardziej zbliżonych w zakresie wielkości średnicy do docelowego korpusu [14]. Widok urządzenia do zgniatania przedstawia rys. 3. Na rys. 4 przedstawiono widok zespołu narzędziowego z założoną na trzpień tuleją wsadową przed zgniataniem, a na rys. 5 przedstawiono widok korpusów po zgniataniu obrotowym i tulei wsadowej.



Rys. 3. Widok ogólny urządzenia do zgniatania obrotowego



Rys. 4. Widok tulei wsadowej na trzpieniu



Rys. 5. Widok wyrobów po zgniataniu obrotowym oraz tulei wsadowej

5. Pierścienie wiodące do pocisków kalibru 35 mm

W celu spełnienia wymagań technicznych Zakładów Metalowych „MESKO” dla stali i półwyrobów przeznaczonych na pierścienie wiodące pocisków artyleryjskich, w IMŻ opracowano stal, która ma właściwości plastyczne charakterystyczne dla właściwości żelaza armco, a znacznie wyższe od niego właściwości mechaniczne [15]. Wyższe właściwości mechaniczne stali na pierścienie wiodące pocisków artyleryjskich uzyskano przez zwiększenie zawartości manganu w stosunku do zawartości w żelazie armco. Dla ograniczenia negatywnego wpływu wtrąceń niemetalicznych oraz pierwiastków międzywęzłowych na odkształcalność na zimno stali na pierścienie wiodące opracowano technologię wytapianie i odlewanie stali w próżni. Ograniczenie zawartości pierwiastków międzywęzłowych i wtrąceń niemetalicznych w stali poprawiło właściwości plastyczne zarówno na zimno jak i na gorąco (szczególnie podczas kalibracji pierścienia w trakcie wystrzału pocisku). Pierścienie wiodące pocisków wytworzone z zaproponowanej stali o symbolu 004G w stanie wyżarzonym przed obciskaniem pierścienia na pocisku charakteryzują się twardością w zakresie od 65 do 75 HRB (rys. 6 i 7).



Rys. 6. Obraz pierścieni wykonanych z niskowęglowej stali przed i po próbie statycznego przepychania przez lufę



Rys. 7. Powierzchnia wewnętrzna pierścienia obciśniętego

Uzyskano następujące parametry balistyczne dla pierścieni wykonanych ze stali 004G:
 $P_{\max} = 382,2 \text{ MPa}$; $V_0 = 1183,4 \text{ m/s}$ [15].

6. Nowe materiały na korpusy zestawu raketowego GROM

Stopień zaawansowania i propozycję zmian w technologicznym procesie wytwarzania korpusów silników raketowych zestawu raketowego GROM przedstawiono na podstawie wyników prac zrealizowanych i obecnie realizowanych we współpracy ZM „MESKO” i Instytutu Metalurgii Żelaza [16÷20].

Obecnie w zestawie raketowym GROM korpusy startowych i marszowych silników są wytwarzane z importowanych stali. Korpusy startowych silników wytwarzane są ze stali SP28Ż (28H3SNMWFĄŻ) zbliżonej składem chemicznym do stali narzędziowych do pracy na gorąco, a korpusy marszowych silników wytwarzane są ze stali N18K9M5TPr. Konstruktorzy zestawu raketowego GROM oczekują od nowych materiałów lepszych właściwości użytkowych, w tym wyższych właściwości wytrzymałościowych, aby uzyskać dla zespołu raketowego lepszą sterowalność, a w przyszłości także zwiększony zasięg. W związku z tym IMŻ zaproponował zastosowanie w miejsce stali SP28Ż na korpus silnika startowego stal N18K9M5Ts, a na korpus silnika marszowego stal N18K12M4Ts. W korpusie startowego silnika wykonanym ze stali N18K9M5Ts został uzyskany wzrost wytrzymałości rzędu 400 MPa w stosunku do korpusu wykonanego ze stali SP28Ż - wytrzymałość korpusu wzrosła z poziomu ok. 1500 MPa do ok. 1950 MPa. Również w korpusie marszowego silnika wykonanego ze stali N18K12M4Ts zostanie uzyskany wzrost wytrzymałości o co najmniej 400 MPa

w stosunku do korpusu wykonanego ze stali N18K9M5TPr - wytrzymałość korpusu wzrosła z poziomu ok. 1950 MPa do ok. 2350 MPa. W korpusach o wyższych właściwościach wytrzymałościowych można będzie zastosować paliwo wyżej energetyczne niż dotychczas stosowane. To pozwoli uzyskać większy zasięg przenoszenia i poprawić sterowalność. Ponadto zastosowanie na korpus startowy stali o wyższej wytrzymałości poprawi znacznie jego żywotność eksploatacyjną polegającą na wzroście liczby regeneracji poeksploatacyjnych możliwych do wykonania w stosunku do dotychczas stosowanego korpusu z materiału SP28Ż.

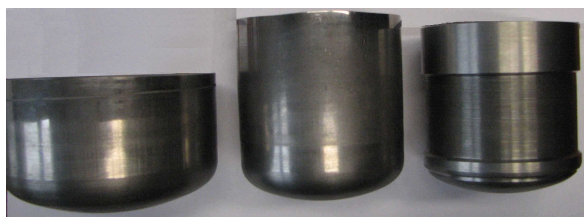
Korpusy raketowych silników startowych [18]

1. Opracowano Tymczasowe Warunki Techniczne (TWT) na wykonanie półwyrobów przeznaczonych na partię modelową korpusów startowych ze stali N18K9M5Ts i zgodnie z TWT wykonano:

- wytopy stali w piecu próżniowym
- ujednorodnienie wlewków
- walcowanie na gorąco taśm
- obróbkę powierzchniową taśm
- wycinanie krążków

2. W warunkach technicznych ZM „MESKO” z dostarczonych krążków o odpowiednio dobranych wymiarach wykonano partię modelową i prototypową korpusów raketowych silników startowych (przykład rys. 8). Właściwości mechaniczne - po końcowej obróbce cieplnej - materiału na korpusy silników startowych podano w poniższej tabelicy:

Oznaczenie stali	R_m MPa	R₀₂ MPa	A₅ %	Twardość HRC
SP28Ż	min. 1570	min. 1325	min. 7,5	-
N18K9M5Ts	min. 1950	min. 1850	min. 6,0	min. 52



Rys. 8. Korpus silnika startowego zestawu raketowego GROM ze stali N18K9M5Ts w trzech fazach wytwarzania: po wytłoczeniu miseczki, po wyciągnięciu i po obróbce skrawaniem

Korpusy raketowych silników marszowych [19,20]

1. Wytopiono i odlano próżniowo wlewkę ze stali N18K12M4Ts i przekuto je na pręty o przekroju okrągłym.
2. Z odcinków prętów wykonano wypraski metodą prasowania na gorąco o założonych wymiarach, stanowiące wsad do wyciągania ścianki na zimno.
3. Wypraski po obróbce skrawaniem poddano w dwóch operacjach wyciąganiu ścianki na zimno z wyżarzaniem międzyoperacyjnym.
4. Uzyskany półfabrykat poddano zgniataniu obrotowemu na zimno wg obecnie stosowanej technologii.
5. Właściwości mechaniczne materiału w stanie po zgniataniu obrotowym na zimno i po obróbce cieplnej spełniają założone wymagania. Uzyskane właściwości podano poniżej:

Oznaczenie stali	R₀₂ MPa	R_m MPa	A₅ %	Twardość HRC
N18K12M4Ts	2421	2434	8,6	58

Na rys. 9 przedstawiono przykładowe korpusy po dwukrotnym wyciągnięciu i zgniataniu na zimno.



Rys. 9. Przykładowe korpusy silnika marszowego zestawu raketowego GROM ze stali N18K12M4Ts po dwukrotnym wyciąganiu na zimno i zgniataniu obrotowym na zimno

7. Nowoczesny materiał na skorupy HE

W ramach pracy [21], z wykorzystaniem wyników badań fragmentacji modelowych skorup [22] przeprowadzono porównanie właściwości trzech gatunków stali do zastosowań na fragmentujące skorupy pocisków artyleryjskich, oznaczane w nomenklaturze NATO symbolem HE (high explosive): obecnie stosowanej w kraju stali 45H1, amerykańskiej stali 4140H i zaproponowanej stali o roboczym symbolu MOD.

Badania fragmentacji modelowych skorup ze stali MOD, 4140H i 45H1 wykazały, że badane stale fragmentują w podobny sposób i z tego względu można je stosować na skorupy i granaty odłamkowo-burzące. Natomiast dla zastosowań przy ciśnieniu wystrzału powyżej 400 MPa można stosować tylko stale MOD i 4140H, gdyż dla tych stali po zastosowaniu odpowiedniej obróbki cieplnej uzyskuje się właściwości mechaniczne spełniające wymagania NATO. Stal 45H1 po zastosowanej obróbce cieplnej uzyskuje właściwości mechaniczne poniżej wymagań NATO, stąd można ją stosować tylko na skorupy odłamkowo-burzące przy niższym ciśnieniu wystrzału (poniżej 400 MPa). Z badanych stali wykonano modelowe skorupy i próby reprezentujące właściwości skorup, przeznaczone do pocięcia na próbki do badań (tzw. „świadki”). Obraz skorup i „świadka” przedstawiono na rys. 10, a wyniki badań właściwości mechanicznych zamieszczono w tablicy 1.



Rys.10. Obraz skorup i „świadka” ze stali MOD

Tablica 1. Wyniki badań właściwości mechanicznych „świadków” ze skorup wykonanych ze stali MOD, 4140H i 45H1 w stanie po obróbce cieplnej

Oznaczenie stali	R _e MPa	R _m MPa	A ₅ %	Z %	U -40 ⁰ C ISO-V, J	Twardość, HB
MOD	1110	1203	13,6	52,4	śr. 33,6	śr. 357,3
4140H	1153	1257	14,0	55,0	śr.32.1	śr. 365,0
45H1	997	1054	17,0	51,0	śr.16,0	-
Wymagania min	1000	1200	8	35	27	352

8. Technologie wytwarzania supertwardych materiałów nanostrukturalnych ze stopów żelaza oraz ich zastosowanie w pancerzach pasywnych i pasywno-reaktywnych

Obecnie w Instytucie Metalurgii Żelaza we współpracy z Wojskowym Instytutem Technicznym Uzbrojenia realizowany jest projekt pt.: *”Technologie wytwarzania supertwardych materiałów nanostrukturalnych ze stopów żelaza oraz ich zastosowanie w pancerzach pasywnych i pasywno-reaktywnych”* (Nr POIG.01.03.01-00-042/08) współfinansowany z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Celem projektu jest opracowanie technologii wytwarzania pancerzy pasywnych i pasywno-reaktywnych odpornych na pociski o różnym sposobie działania. Aby osiągnąć ten cel, konieczne jest opracowanie nowych materiałów o odpowiednich właściwościach mechanicznych, spełniających kryteria stosowalności w tego typu aplikacjach. W projekcie planuje się opracowanie nowych gatunków stali maraging, wysokowęglowej stali bainitycznej oraz dwufazowej stali nanokrystaliczno-amorficznej, których właściwości pozwolą na skonstruowanie nowej generacji pancerzy kompozytowych, przeznaczonych do ochrony pojazdów oraz do ochrony osobistej. Aby zrealizować główny cel, konieczne jest opracowanie klas i gatunków nowych stali z nanostrukturami, przeznaczonych do zastosowania w konstrukcji pancerzy pasywnych i pasywno-reaktywnych, chroniących przed przebiciem małokalibrowymi i średniokalibrowymi pociskami przeciwpancernymi kalibru 7,62÷23 mm, przebijającymi swoją energią kinetyczną, energią chemiczną oraz chroniących przed przebiciem odłamkami. Nanostrukturalna budowa nowych materiałów na bazie stopów żelaza zapewni uzyskanie wyższych właściwości użytkowych od właściwości możliwych do uzyskania obecnie. Potrzeba badań z tego zakresu w Polsce wynika z następujących przesłanek:

- aktualny stan badań w skali światowej jest już bardzo zaawansowany, a bezpośredni transfer wyników tych badań do Polski jest niemożliwy lub utrudniony,
- istnieje wiele ośrodków badawczych poza Polską zajmujących się ochroną balistyczną, w tym ochroną wozów bojowych, które zaczynają wkraczać na krajowy rynek – korzystne jest dysponowanie własnymi oryginalnymi technologiami,
- istnieje duże zainteresowanie potencjalnymi wdrożeniami krajowych technologii z zakresu nowych materiałów o właściwościach użytecznych w sektorze obronnym.

W projekcie zaplanowano opracowanie technologii wytwarzania trzech rodzajów materiałów na bazie żelaza o strukturze nanokrystalicznej przeznaczonych do konstrukcji pancerzy kompozytowych oraz opracowanie modeli pancerzy z tych materiałów. Pancerze wykorzystywane do ochrony pojazdów lub ludzkiego ciała powinny charakteryzować się wysoką odpornością balistyczną przy zachowaniu małej masy.

9. Koncepcja uruchomienia centrum produkcji i rozwoju metalowych materiałów konstrukcyjnych do zastosowań w przemyśle obronnym

Zapotrzebowanie zakładów wytwarzających uzbrojenie i sprzęt wojskowy na materiały konstrukcyjne charakteryzuje się wysokimi wymaganiami jakościowymi, zmiennością w odniesieniu do ilości i asortymentu oraz wymaganymi niewielkimi partiami dostaw niektórych asortymentów, w tym wyrobów niestandardowych. Niezależnie od przyjętego modelu rozwoju sektora produkcji uzbrojenia i sprzętu wojskowego, jednym z kluczowych czynników utrzymania i zwiększania konkurencyjności produkcji jest stosowanie materiałów konstrukcyjnych najnowszych generacji. W dziedzinie produkcji wojskowej poleganie na źródłach zaopatrzenia w materiały konstrukcyjne wyłącznie na otwartym rynku komercyjnym jest niewystarczające, ponieważ utrudnia lub uniemożliwia osiągnięcie przewagi konkurencyjnej.

Przewagę taką można budować rozwijając własne technologie, w tym technologie materiałowe, oraz mając dostęp do materiałów konstrukcyjnych najnowszych generacji, które zazwyczaj nie są przedmiotem wolnego handlu.

Rozwiązanie niektórych z wymienionych problemów mogłoby nastąpić w wyniku uruchomienia Centrum Produkcji i Rozwoju metalowych Materiałów konstrukcyjnych (CPRM). CPRM powinno funkcjonować w ramach organizacyjnych zakładów przemysłu zbrojeniowego na zasadach komercyjnych, z uwzględnieniem korzyści wynikających z badań i rozwoju. Pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości CPRM będzie zależęć od liczby odbiorców specjalistycznych materiałów i technologii materiałowych. Z tego względu funkcjonowanie CPRM powinno zostać powiązane z dużą grupą producentów, której trzonem byłaby Grupa Kapitałowa Bumar. Realizowanie prac badawczo-rozwojowych i doskonalenie technologii przez CPRM powinno odbywać się w ścisłej współpracy z instytucjami naukowo-badawczymi cywilnymi i wojskowymi.

Przedstawione przesłanki wskazujące na celowość uruchomienia centrum produkcji i rozwoju metalowych materiałów konstrukcyjnych przeznaczonych dla przemysłu obronnego, należy zweryfikować analizami wykonalności i opłacalności przedsięwzięcia. Założenia wstępne dotyczące układu technologicznego CPRM przedstawiono w [23].

10. Podsumowanie

W okresie ostatnich kilkunastu lat w Instytucie Metalurgii Żelaza opracowano we współpracy z Politechniką Poznańską, wojskowymi instytutami badawczymi i zakładami produkującymi uzbrojenie, nowoczesne gatunki stali i materiały na bazie stopów żelaza oraz technologie wytwarzania tych materiałów i elementów stosowanych do produkcji uzbrojenia. Opracowane materiały charakteryzują się bardzo szerokim zakresem właściwości, od bardzo miękkich - jak na pierścienie wiodące o twardości od 65 do 75 HRB, do bardzo wytrzymałych - jak na korpusy silników raketowych ze stali N18K12M4Ts o wytrzymałości rzędu 2400 MPa, czy supertwardych materiałów nanostrukturalnych ze stopów żelaza, o twardości do 70HRC (do 1000 HV).

Prace badawcze i wdrożeniowe były i są obecnie realizowane we współpracy z zakładami przemysłu obronnego (FPS Bolechowo, ZM „MESKO”, ZM „Kraśnik” i inne), wojskowymi instytutami badawczymi WITU i WITPiS oraz Politechniką Poznańską. Opracowano również technologie wytwarzania półwyrobów i wyrobów z tych materiałów, które znalazły zastosowanie m.in. w produkcji okuć 120mm, korpusów silników raketowych kalibru od 70 do 300mm, pierścieni wiodących do pocisków kalibru 35mm, skorup HE (high explosive). Obecnie IMŻ we współpracy z WITU realizuje projekt mający na celu opracowanie super-twardych materiałów na bazie stopów żelaza z przeznaczeniem na pancerze.

W celu zapewnienia dostaw specjalnych materiałów metalowych do zastosowań w krajowym przemyśle obronnym, przedstawiono koncepcję uruchomienia centrum produkcji i rozwoju metalowych materiałów konstrukcyjnych (CPRM). CPRM powinno funkcjonować w ramach organizacyjnych zakładów przemysłu zbrojeniowego na zasadach komercyjnych i powinno zostać powiązane z dużą grupą producentów, której trzonem byłaby Grupa Kapitałowa Bumar.

W referacie wykorzystano wyniki badań uzyskane w ramach realizacji projektów celowych i badawczych rozwojowych wspomaganych ze środków MNiSW oraz projektu współfinansowanego z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

- [1] Materniak J. i in.: Okucie do amunicji bojowej i ćwiczebnej do 120 mm armaty czołgu LEOPARD 2A4 – 2006, projekt celowy nr 225/BO/B, sprawozdanie niepublikowane
- [2] Stępień J.: Opracowanie gatunku stali na okucia do amunicji artyleryjskiej określonego zastosowania – 2003, sprawozdanie IMŻ nr B-01165/BW/2003, niepublikowane
- [3] Stępień J. i in.: Stanowisko do wyciskania na gorąco wyprasek przeznaczonych na okucia do amunicji kalibru 120mm, 2006 IV Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa Waplewo 2006, s. 141
- [4] Materniak J., Kaczmarek Z. i in.: Modernizacja systemu raketowego BM-21 - 1999 projekt celowy, sprawozdanie niepublikowane
- [5] Stępień J., Paduch J., Bołd T.: Dobór gatunku stali na korpus silnika raketowego pocisku do BM-21 – 1999, Mat. Konger. Amunicja 1999, Kołobrzeg
- [6] Norma francuska AIR Nr 9160C071
- [7] Stępień J., Paduch J., Materniak J., Starczewska A.: Struktura i właściwości mechaniczne stali 15HGMV na korpusy silników raketowych - 2000 III Międzynarodowa Konferencja Uzbrojeniowa Waplewo 2000, s. 50
- [8] Stępień J., Materniak J., Kaczmarek Z., Szałata D.: Opracowanie założeń konstrukcyjnych i materiałowych do wykonania wsadu przeznaczonego do zgniatania obrotowego na zimno korpusu o średnicy 227mm – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [9] Stępień J., Marcisz J., Garbarz B.: Wpływ charakterystyk stali 15HGMVŻ na właściwości technologiczne i użytkowe korpusów zgniatanych obrotowo na zimno – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [10] Stępień J., Marcisz J., Garbarz B.: Opracowanie charakterystyk stali przeznaczonej na korpusy o średnicy 227 i 300mm – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [11] Stępień J., Burdek M., Marcisz J., Kania H.: Opracowanie założeń i wytycznych do technologii wykonania rur walcowanych na gorąco oraz wykonanie rur grubościennych przeznaczonych do zgniatania obrotowego na zimno – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [12] Kaczmarek Z., Szałata D., Stępień J., Materniak J.: Opracowanie założeń do technologii skrawania rur grubościennych i obróbki cieplnej wykonanych z tych rur tulei przeznaczonych do zgniatania na zimno na zgniatarce obrotowej – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [13] Stępień J., Materniak J., Kaczmarek Z., Szałata D.: Projektowanie procesu technologicznego wykonania korpusu o średnicy 227mm – 2009, sprawozdanie niepublikowane
- [14] Stępień J., Galisz U.: Opracowanie technologii wytapiania stali 004G w warunkach pieca próżniowego o wydajności około 200kg oraz Warunki Techniczne Odbioru (WTO) na w/w stal – 2001, sprawozdanie niepublikowane
- [15] Stępień J., Starczewski L., Galisz U., Nyc R., Uciński W., Szparaga J.: Analiza doboru nowego materiału na pierścienie wiodące i wyniki badań partii modelowej pocisków artyleryjskich kal. 35mm – 2001, IV Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna, Skarżysko-Kamienna, s.171-200
- [16] Stępień J., Burdek M., Garbarz B., Marcisz J.: Zbadanie wybranych właściwości technologicznych decydujących o możliwości zastosowania elementów ze stali do wytwarzania pocisków i rakiet artyleryjskich, Sprawozdanie IMŻ nr S0-0619, grudzień 2007, niepublikowane
- [17] Stępień J., Burdek M., Garbarz B., Marcisz J.: Wykonanie badań w celu określenia możliwości zastosowania stali „maraging” na korpusy raketowych silników startowych oraz możliwości wykonania korpusów raketowych silników marszowych z pręta ze stali „maraging”, Sprawozdanie IMŻ nr B0-1222, styczeń 2008, niepublikowane

- [18] Stępień J., Garbarz B., Burdek M., Marcisz J., Galisz U.: Sprawozdanie IMŻ nr PC-0117 z zad nr 1, sierpień 2008, niepublikowane
- [19] Stępień J., Garbarz B., Burdek M., Marcisz J., Galisz U.: Sprawozdanie IMŻ nr PC-0117 z zad nr 3, sierpień 2008, niepublikowane
- [20] Burdek M., Stępień J., Marcisz J.: Wykonanie badań w celu określenia możliwości zastosowania stali „maraging” MS300 na korpusy raketowych silników marszowych oraz możliwości ich wykonania z pręta, Sprawozdanie IMŻ nr B0-1246, marzec 2009, niepublikowane
- [21] Stępień J.: Stal na skorupy pocisków artyleryjskich – 2007, Prace Instytutu Metalurgii Żelaza, t. 59, nr 3, s. 1-5
- [22] Sprawozdanie z badań fragmentacji modeli skorup, NKJ/882/2005, niepublikowane
- [23] Garbarz B.: Koncepcja uruchomienia centrum produkcji i rozwoju metalowych materiałów konstrukcyjnych do zastosowań w przemyśle obronnym, Materiały IV Konferencji Naukowo-Technicznej AMUNICJA 2009 – Perspektywy Rozwoju Krajowej Produkcji Napędów Raketowych, str. 83-92, Kołobrzeg 2009

