



Zmodyfikowana technologia wytwarzania korpusów marszowych silników raketowych*

Marek BURDEK¹, Jerzy STĘPIEŃ², Wojciech WÓJTOWICZ²

¹ Instytut Metalurgii Żelaza im. Stanisława Staszica w Gliwicach,
ul. K. Miarki 12-14, 44-100 Gliwice

² Zakłady Metalowe „Mesko” S.A.,
ul. Legionów 122, 26-111 Skarżysko-Kamienna

Streszczenie. Artykuł zawiera wyniki prac zrealizowanych we współpracy Instytutu Metalurgii Żelaza i Zakładów Metalowych „Mesko” S.A., dotyczących opracowania i zastosowania nowoczesnych wyrobów stalowych ze stali typu maraging do wytwarzania korpusów rakiet o podwyższonych właściwościach mechanicznych.

Słowa kluczowe: technologia, korpus silnika raketowego, stal maraging

1. WPROWADZENIE

Celem artykułu jest przedstawienie stopnia zaawansowania prac dotyczących wprowadzenia zmian w technologicznym procesie wytwarzania korpusów marszowych silników raketowych zestawu raketowego GROM. Artykuł zawiera wyniki prac realizowanych przez zespół specjalistów Instytutu Metalurgii Żelaza i Zakładów Metalowych „Mesko” S.A., dotyczących opracowania i zastosowania nowoczesnych wyrobów stalowych do wytwarzania korpusów rakiet. W artykule przedstawiono opracowane modyfikacje technologii wykonania i zastosowania nowych materiałów na korpusy silników marszowych.

* Artykuł był prezentowany na VIII Międzynarodowej Konferencji Uzbrojeniowej nt. „Naukowe aspekty techniki uzbrojenia i bezpieczeństwa”, Pułtusk, 6-8 października 2010 r.

Obecnie korpus silnika marszowego jest wytwarzany ze stali maraging w gatunku N18K9M5TPr, który charakteryzuje się następującymi właściwościami mechanicznymi w stanie dostawy: R_m maks. 1150 MPa, $A_5 \geq 8\%$ i twardości maks. 32 HRC, a po zastosowaniu obróbki cieplnej: R_m w zakresie 1950÷2150 MPa, A_5 min. 6%.

Ewentualne zastosowanie w silniku paliwa wyżej energetycznego niż dotychczas stosowane będzie wymagało podwyższenia właściwości mechanicznych materiału korpusu silnika marszowego w stanie po obróbce cieplnej. W związku z powyższym, istotnym etapem projektowania technologii produkcji korpusu jest dobór gatunku stali. Podwyższenie właściwości mechanicznych zapewni proponowany do zastosowania materiał ze stali maraging w gatunku N18K12M4Ts. W celu obniżenia kosztów wytwarzania korpusów podjęto próbę zastosowania pręta kutego na materiał wsadowy w miejsce obecnie stosowanej taśmy walcowanej na zimno.

2. KORPUSY SILNIKÓW MARSZOWYCH

2.1. Obecnie stosowana technologia wykonania korpusu silnika marszowego

Obecnie na korpus silnika marszowego stosowana jest taśma walcowana na zimno ze stali N18K9M5TPr w stanie zmiękczonej do twardości 32 HRC. Technologia wytwarzania korpusu silnika marszowego z taśmy obejmuje siedem zabiegów wytlaczania i kilka międzyoperacyjnych zabiegów obróbki cieplnej zmiękczenia (liczba zabiegów zależy od stopnia umacniania się materiału wytłoczek) oraz dwóch zabiegów zginiatania obrotowego na zimno, pomiędzy którymi stosowana jest obróbka cieplna.

2.2. Propozycja nowej technologii wykonania korpusu marszowego

Nowo opracowywana technologia wytwarzania korpusu silnika marszowego zakłada zastosowanie jako wsadu odcinków pręta ze stali N18K12M4Ts (w miejsce taśmy walcowanej na zimno ze stali N18K9M5TPr) i będzie obejmowała jeden zabieg prasowania na gorąco odcinków pręta oraz dwa zabiegi wyciągania na zimno. Pomiędzy zabiegami wyciągania będzie zastosowana międzyoperacyjna obróbka cieplna. Po wyciągnięciu na zimno zostaną zastosowane, jak w dotychczasowej technologii, dwa zabiegi zginiatania obrotowego na zimno, pomiędzy którymi stosowana jest obróbka cieplna.

Zastosowanie mniejszej liczby zabiegów technologicznych w procesie wytwarzania korpusu silnika marszowego z pręta obniży jego koszty wytwarzania – przewiduje się, że do uzyskania półfabrykatu do zginiatania obrotowego będzie stosowanych mniej operacji wyciągania ścianki

i wyżarzania międzyoperacyjnego niż obecnie. Materiał w postaci pręta ze stali maraging jest tańszy niż taśma stalowa walcowana na zimno. Innym efektem zastosowania na korpus pręta kutego na gorąco w miejsce taśmy walcowanej na zimno będzie uzyskanie większej dostępności na rynku półwyrobów przeznaczonych na korpusy. Obniżenie kosztów wytwarzania nastąpi również przez zastosowanie grubszego dna tulei na korpus, co umożliwi wyeliminowanie operacji spawania z części procesu technologicznego.

2.3. Dotychczas uzyskane wyniki badań

Dotychczas [1] wykonano następujący zakres badań, sprawdzając możliwość zastosowania opisanej technologii do wykonania korpusów silników marszowych.

1. Wykonano pręty kute na gorąco ze stali N18K12M4Ts wytapianej i odlewanej próżniowo.
2. Prasowano na gorąco odcinki pręta w celu uzyskania wypraski o założonych wymiarach, stanowiącej wsad do wyciągania ścianki na zimno. Na rys. 1 przedstawiono przykładowe wypraski wraz z materiałem wsadowym do prasowania na gorąco.
3. Wypraski poddano obróbce mechanicznej. Następnie wykonano operacje (dwie) wyciągania ścianki na zimno z wyżarzaniem międzyoperacyjnym. Na rys. 2 przedstawiono przykładowy półfabrykat po dwukrotnym wyciągnięciu ścianki.
4. Uzyskany półfabrykat poddano zginiataniu obrotowemu na zimno wg obecnej technologii. Na rysunkach 3 i 4 przedstawiono przykładowe korpusy po zginiataniu obrotowym na zimno po I przejściu i po II przejściu.



Rys. 1. Przykładowe wypraski i materiał wsadowy do prasowania na gorąco

Fig. 1. Exemplary die stamping and material charge for hot forging



Rys. 2. Półfabrykat do zgniatania obrotowego na zimno
(po dwóch operacjach wyciągania ścianki na zimno)

Fig. 2. Semi-finished product for flow forming
(after two ironing operations)



Rys. 3. Półfabrykaty po zgniataniu obrotowym na zimno w I przejściu

Fig. 3. Semi-finished products after flow forming (in first operation)



Rys. 4. Półfabrykaty po zgniataniu obrotowym na zimno w II przejściach

Fig. 4. Semi-finished products after flow forming (in second operation)

5. Właściwości mechaniczne materiału w stanie dostawy, tj. po prasowaniu na gorąco spełniają założone wymagania – uzyskano $R_m=1086\div 1125$ MPa (w zależności od wytopu) i A_5 w zakresie $9,0\div 14,3\%$. Uzyskano materiał o twardości ok. 33 HRC.

3. PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono wybrane wyniki badań realizowanych przez zespół specjalistów IMŻ i ZM „Mesko”, dotyczących technologii wykonania i zastosowania nowych materiałów na korpusy silników raketowych.

Na podstawie wykonanych wstępnych prób i badań, oceniono możliwości zastosowania prętów ze stali maraging na korpusy silników marszowych oraz opracowano i zgłoszono do realizacji wniosek na projekt badawczy rozwojowy pt. „Optymalizacja technologii produkcji korpusu silnika marszowego zestawu raketowego GROM”. Wniosek został pozytywnie zaopiniowany i rekomendowany do finansowania. Obecnie w ramach tego projektu, oznaczonego jako nr O R00 0011 08, trwają prace nad optymalizacją technologii wytwarzania korpusu raketowego silnika marszowego i opracowaniem podstaw technologii wykonania półfabrykatów do zgniatania

obrotowego na zimno korpusów. W projekcie przewiduje się wykonanie odkuwek na korpusy z „pogrubionym” dnem, co umożliwi wyeliminowanie operacji spawania z procesu technologicznego. Na rys. 5 przedstawiono przekrój takiego korpusu, uzyskanego w przeprowadzonych już badaniach.



Rys. 5. Przekrój korpusu z zaznaczonym „pogrubionym” dnem po zgniataniu obrotowym na zimno

Fig. 5. Longitudinal section of body with marked of thickened bottom after flow forming

LITERATURA

- [1] 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 z pracy Nr B0-1246* (niepublikowane), Gliwice, 2009.
- [2] Burdek M., Stępień J., Wójtowicz W., Zmodyfikowana technologia wytwarzania korpusów silników raketowych, *Materiały z konferencji „AMUNICJA 2009” w Kołobrzegu*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, s. 185-192, 2009.

Modified Technology for Production of Rocket Engines Bodies

Marek BURDEK, Jerzy STĘPIEŃ, Wojciech WÓJTOWICZ

Abstract. Results of investigation concerning development and application of modern steel products made of maraging grade of higher mechanical properties for production of rocket engines bodies, carried out together by Institute for Ferrous Metallurgy in Gliwice, Poland and Metal Works “MESKO” S.A. in Skarżysko-Kamienna, Poland, are presented in this paper.

Keywords: product engineering, body of rocket engine, maraging steel