

Jerzy Łabanowski
Leszek Piaseczny
Tomasz Olkowski
Akademia Marynarki Wojennej

WPLYW SKŁADU CHEMICZNEGO NA WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE OKRĘTOWYCH PĘDNIKÓW ŚRUBOWYCH Z BRĄZU BA1055

STRESZCZENIE

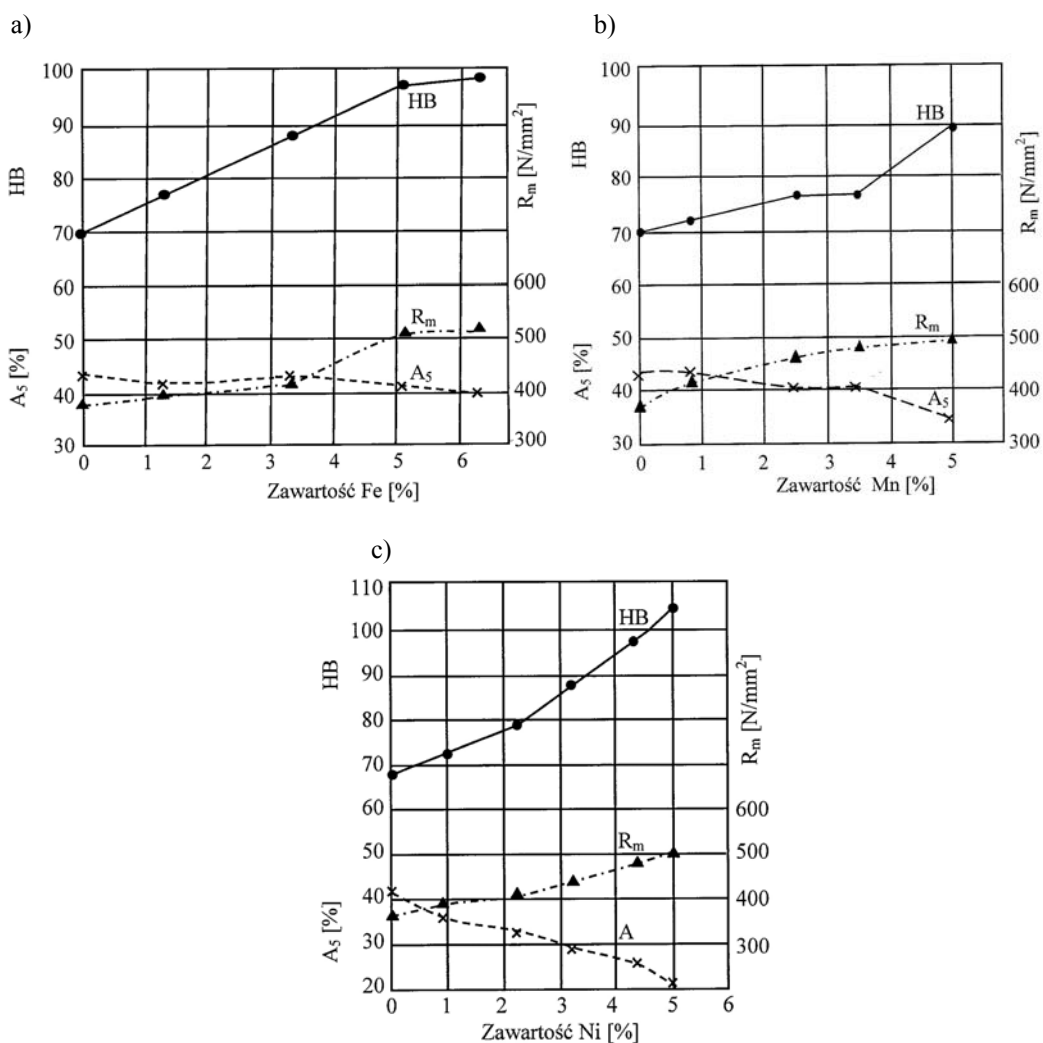
Przedstawiono wyniki badań mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych odlewów piaskowych z brązu BA1055 stosowanego do wyrobu pędników okrętowych. Stwierdzono, że nawet niewielkie zmiany w składzie chemicznym mogą znacząco wpływać na zmiany mikrostruktury oraz właściwości mechanicznych stopu. Wykazano, iż optymalne właściwości mechaniczne uzyskują odlewy, w których stosunek ilości pierwiastków stopowych żelaza do niklu wynosi około 1,0.

Słowa kluczowe:

brąz aluminiowy, pędniki okrętowe, mikrostruktura, właściwości mechaniczne.

WSTĘP

Przeglądając literaturę [1–5], znaleziono informacje o wpływie działających osobno manganu, żelaza i niklu na właściwości mechaniczne brązów aluminiowych stosowanych na odlewy okrętowych pędników śrubowych (rys. 1.). Nie znaleziono natomiast określenia udziału poszczególnych składników w łącznym wpływie na właściwości mechaniczne odlewów z brązu aluminiowego. Dlatego przeprowadzono badania 121 odlewów okrętowych pędników śrubowych z brązu BA1055 [6], wykonanych w jednym zakładzie metalurgicznym, w celu określenia udziału poszczególnych składników w wynikowej mikrostrukturze i właściwościach mechanicznych odlewów piaskowych okrętowych pędników śrubowych.



Rys.1. Wpływ żelaza (a), manganu (b) i niklu (c) na właściwości mechaniczne brązu zawierającego 9% Al [1]

MATERIAŁ DO BADAŃ

Na wlewkach próbnych określono skład chemiczny i zbadano właściwości mechaniczne 121 wytopów brązu BA1055 przeznaczonego na odlewy okrętowych pędników śrubowych. Składniki brązu w odlewach zawierały się w granicach: 9,46–9,90% Al; 1,01–1,33% Mn; 4,02–4,68% Fe; 4,09–4,80% Ni. Właściwości mechaniczne odlewów

zmieniały się w granicach: R_e między 253 a 307 N/mm², R_m między 633 a 696 N/mm², A_5 między 16,1 a 33,8%, HB między 170 a 183 i KV między 22,0 a 31,1 J. Badania udarności wykonano tylko na 30 wytopach. Jak widać, wskaźniki plastyczności odlewów wykazały większy rozrzut niż wskaźniki wytrzymałości.

Zarówno skład chemiczny wytopów, jak i uzyskane właściwości mechaniczne odlewów były zgodne z normą BS1400:1985 [6].

Z pozyskanych danych o 121 wytopach pobrano reprezentatywną próbkę danych o 12 wytopach do badań statystycznych dla wyznaczenia regresji właściwości mechanicznych i składu chemicznego odlewów. Sześć wytopów w próbce miało największe wartości stosunku Fe/Ni = 0,985–1,002, a następne sześć wytopów najmniejsze wartości stosunku Fe/Ni = 0,935–0,954. Od stosunku zawartości Fe/Ni zależą wymiary, kształt i właściwości wydzieleni fazy κ w strukturze brązu, mających istotny wpływ na właściwości mechaniczne odlewów.

Na próbkach pięciu odlewów z rozpatrywanych 121 wytopów brązu BA1055 przeprowadzono badania metalograficzne dla ujawnienia różnic struktur, uzasadniających zarejestrowane zmiany właściwości mechanicznych odlewów. Udziały poszczególnych faz w strukturze trawionych i nietrawionych próbek brązu wyznaczano przy obserwacjach na mikroskopie optycznym połączonym z komputerem za pomocą programu MultiScan.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obróbka statystyczna wybranej partii danych o składzie chemicznym i właściwościach mechanicznych odlewów z 12 wytopów brązu BA1055 dała następujące równania regresji:

$$R_e = -602 + 53,9\%Al - 11,3\%Mn + 110,4\%Fe - 21,9\%Ni, \quad (1)$$

gdzie: współczynnik korelacji $R = 0,871$, średnie kwadratowe odchylenie R_e od linii regresji wynosi 6,9 N/mm², wartość testu Fishera $TF = 5,526\%$, prawdopodobieństwo przypadkowego wyniku $p = 2,496$, regresja jest istotna;

$$R_m = -158 + 57,5 \%Al - 40,0\%Mn + 75,0\%Fe + 0,3\%Ni, \quad (2)$$

gdzie: współczynnik korelacji $R = 0,820$, średnie kwadratowe odchylenie R_m od linii regresji wynosi 6,7 N/mm², wartość testu Fishera $TF = 3,600\%$, prawdopodobieństwo przypadkowego wyniku $p = 6,7\%$, regresja jest istotna;

$$A_5 = -181,9 + 17,9 \cdot \%Al - 5,0 \cdot \%Mn + 27,5 \cdot \%Fe - 5,7 \cdot \%Ni, \quad (3)$$

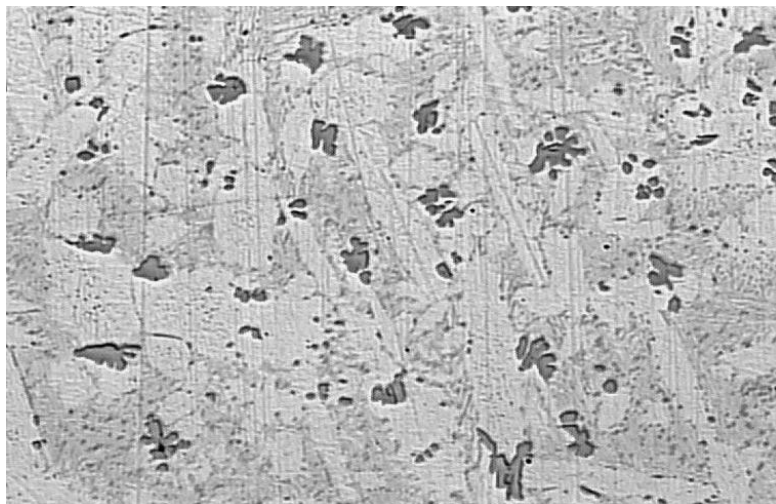
gdzie: współczynnik korelacji $R = 0,816$, średnie kwadratowe odchylenie A_5 od linii regresji wynosi 2,3%, wartość testu Fishera $TF = 3,489\%$, prawdopodobieństwo przypadkowego wyniku $p = 7,2\%$, regresja jest istotna.

Otrzymane równania regresji potwierdzają istotność korelacji składu chemicznego i właściwości mechanicznych w produkcji ciągłej wykonywanych wytopów i odlewów z brązu BA1055.

Badania metalograficzne wykazały, że aluminium w brązie BA1055 występuje jako roztwór stały w fazie α i eutektoidzie $\alpha + \gamma_2$ oraz, jako składnik związany z żelazem i niklem, w fazie międzymetalicznej κ . Obraz struktury odlewu pokazano na rysunku 2., natomiast kształt i rozmieszczenie fazy κ ujawniono na zglądzie nie-trawionym na rysunku 3. Z wartości współczynników w równaniach regresji wynika, że w porównaniu z pozostałymi składnikami aluminium najsilniej wpływa na właściwości mechaniczne odlewów brązu. Zwiększa bardziej wytrzymałość niż granicę plastyczności, a zmniejsza plastyczność odlewów.



Rys. 2. Mikrostruktura odlewu z brązu BA1055;
jasne ziarna fazy α , ciemne tło eutektoidu $\alpha + \gamma_2$, faza κ słabo widoczna;
pow. 200x

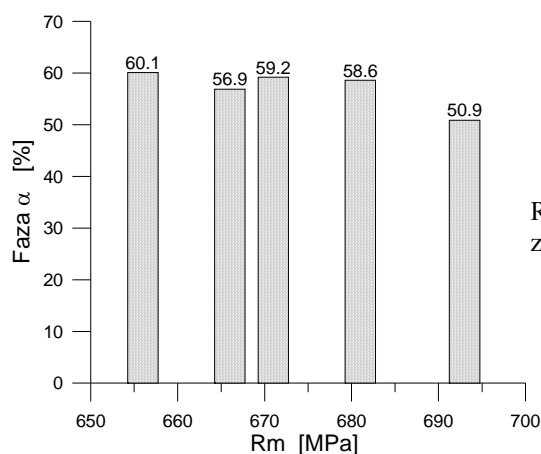


Rys. 3. Wydzielenia fazy κ w strukturze odlewu brązu BA1055; próbka nietrafiona; pow. 500x

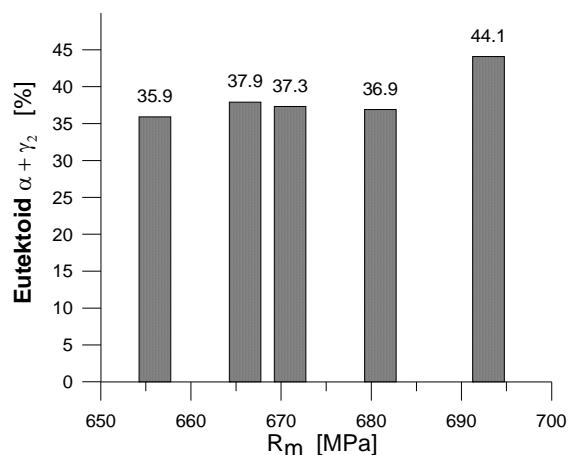
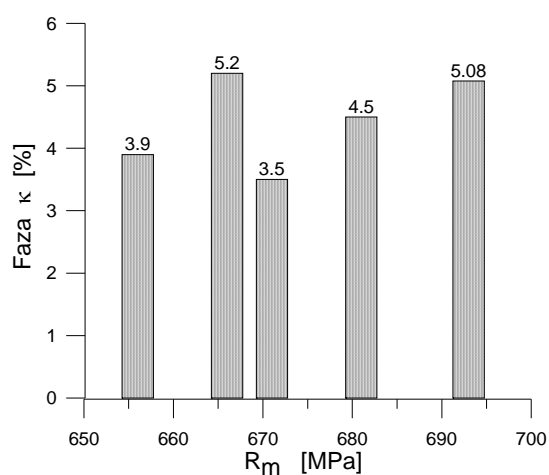
Wartości współczynników w równaniach regresji wskazują, że dodatek manganu silniej wpływa na wytrzymałość niż na granicę plastyczności odlewów. Najslabszy jest wpływ manganu na wydłużenia A_5 . Wpływ manganu na właściwości mechaniczne ogranicza jego mała zawartość w brązie BA1055.

Wartości współczynników w równaniach regresji wskazują, że dodatek żelaza najsilniej zwiększa granicę plastyczności, w mniejszym stopniu zwiększa wytrzymałość, a najslabiej wpływa na wydłużenie A_5 . Dodatek niklu silniej zwiększa granicę plastyczności, niewiele zwiększa wytrzymałość i zmniejsza wydłużenie A_5 . Wprowadzenie do brązu aluminiowego niklu razem z żelazem i manganem wyraźnie łagodzi wpływ niklu na właściwości mechaniczne odlewów brązu (rys. 1c).

Wyniki badań metalograficznych przedstawiono na rysunkach 4–6.



Rys. 4. Udział fazy α w strukturze odlewów z brązu BA1055

Rys. 5. Udział eutektoidu $\alpha + \gamma_2$ w strukturze odlewów z brązu BA1055Rys. 6. Udział fazy κ w strukturze odlewów z brązu BA1055

Jak widać, wytrzymałość odlewów zwiększa się ze zmniejszeniem w strukturze udziału fazy α (rys. 4.) i zwiększeniem udziału eutektoidu $\alpha + \gamma_2$ (rys. 5.). Nie stwierdzono wyraźnego związku wytrzymałości odlewów z udziałem w strukturze fazy κ (rys. 6.). Umacnianie przez nią odlewów z brązu jest związane przede wszystkim z wymiarami i kształtami wydzieleni fazy, które mogą być różne (rys. 3.).

Najsilniej umacniają odlewy, bardzo drobne, rozproszone wydzielenia fazy κ (umacnianie dyspersyjne) o stosunku Fe/Ni > 1 [1].

WNIOSKI

Wyniki badań partii 121 odlewów brązu BA1055 pozwalają stwierdzić:

1. Korelacja składu chemicznego i właściwości mechanicznych odlewów pędników śrubowych z brązu jest istotna.
2. Umacnianie odlewów brązu wiąże się ze zwiększeniem udziału w strukturze eutektoidu $\alpha + \gamma_2$ i zmniejszeniem udziału w strukturze fazy α .

BIBLIOGRAFIA

- [1] Sokolov N. N., Lazarenko S. R., Żuravlev V. I., *Grebnye vinty iz aluminiowej brązy*, Sudostroenie, Leningrad 1981.
- [2] Kowarsch A., Zaczek Z., *Miedź i jej stopy w budownictwie okrętowym*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1989.
- [3] Prowans S., Wysiecki M., *Wpływ żelaza na strukturę i przemiany fazowe brązów aluminiowych*, „Archiwum Hutnictwa”, 1972, t. XVII, z. 4, s. 379–393.
- [4] Brezina P., *Gefügewaldungen und mechanische Eigenschaften der Mehrstoff-Aluminiumbronzen vom Typ CuAl10Fe5Ni5*, Giesereiforschung, 1973, Jg.25, H.3, SS. 125–234.
- [5] Brezina P., *Gefügewaldungen und mechanische Eigenschaften der Mehrstoff-Aluminiumbronzen vom Typ CuAl10Fe5Ni5 (Schluss)*, Giesereiforschung, 1973, Jg.25, H.4, SS. 1–10.
- [6] BS1400:1985 Copper alloy ingot and copper alloy and high conductivity copper castings.

EFFECT OF CHEMICAL COMPOSITION ON MECHANICAL PROPERTIES OF BA1055 BRONZE SHIP PROPELLER CASTINGS

ABSTRACT

The effect of microstructure of BA1055 bronze used for marine propellers sand castings on its mechanical properties has been investigated. It was shown that even small changes in

chemical composition can significantly alter microstructure and mechanical properties of BA1055 alloy. The best mechanical properties were obtained for the melts where alloying elements ratio Fe/Ni is about 1.0.

Keywords:

aluminum bronze, ship propellers, microstructure, mechanical properties.

Recenzent prof. dr hab. inż. Zbigniew Zaczek