

Adam Charchalis
Wojciech Labuda
Akademia Morska w Gdyni

WPLYW NAGNIATANIA NA POPRAWĘ WŁAŚCIWOŚCI EKSPLOATACYJNYCH WAŁÓW POMP WODNYCH SILNIKÓW OKRĘTOWYCH

STRESZCZENIE

W instalacjach wody morskiej na statkach często wykorzystywane są pompy krętne. Ze względu na trudne warunki ich pracy do budowy tego rodzaju pomp stosuje się materiały odporne na zużycie erozyjne oraz korozję elektrochemiczną wywołaną przez wodę morską. W przypadku wałów pomp najczęstszą niesprawnością jest zużycie czopów (korozyjne, cierne i zmęczenie stykowe) w miejscu montażu uszczelnień (dławic). Podczas procesu technologicznego zastosowano zoptymalizowane parametry nagniatania umożliwiające uzyskanie największego stopnia względnego umocnienia warstwy wierzchniej i zmniejszenia chropowatości powierzchni czopów wałów okrętowych pomp krętnych wykonanych ze stali nierdzewnej X5CrNi1810. Istotnym celem badań jest określenie wpływu nagniatania na właściwości eksploatacyjne, prowadzone są zatem: badania korozji elektrochemicznej, zużycia ciernego oraz zmęczenia stykowego. W pracy zostaną przedstawione wyniki badań odporności na zmęczenie stykowe.

Słowa kluczowe:

obróbka plastyczna, nagniatanie, stal nierdzewna, pompy okrętowe, zmęczenie stykowe.

WSTĘP

W siłowniach okrętowych powszechne zastosowanie znalazły odśrodkowe pompy krętne. Stosowane są w obiegach chłodzenia silników średniej i dużej mocy, do zasilania kotłów oraz w instalacjach zęzowych, balastowych i przeciwpożarowych. Wały pomp pracujące w środowisku wody morskiej, ze względu na trudne

warunki eksploatacyjne, narażone są na zużycie korozyjne, cierne i erozyjne. Zastosowanie drogiego materiału w postaci stali odpornej na korozję nie zapobiega jednak ich uszkodzeniom eksploatacyjnym. Do uszkodzeń wałów należą pęknięcia, odkształcenia plastyczne, nadmierne zużywanie czopów w miejscach osadzenia tarcz wirników i uszczelnień dławic, zużycie korozyjne, zużycie erozyjne oraz wybicie rowków wpustowych. W praktyce eksploatacyjnej najczęściej obserwuje się nadmierne zużywanie czopów powodujące zmniejszenie ich średnicy oraz przekroczenie dopuszczalnych odchyłek kształtu.

Proponowany proces nagniatania czopów wału ma na celu zwiększenie trwałości eksploatacyjnej wałów okrętowych pomp instalacji wody morskiej, co powinno przynieść efekt ekonomiczny. Proces nagniatania zaliczany jest do obróbki wykańczającej i umożliwia przede wszystkim uzyskanie dużej gładkości powierzchni obrobionej oraz umocnienie warstwy wierzchniej [3, 4].

W praktyce przemysłowej proces ten jest realizowany na obrabiarkach uniwersalnych i obrabiarkach CNC, ale jest zaliczany do obróbki plastycznej. Umożliwia ona wyeliminowanie tradycyjnej obróbki ścierniej, takiej jak szlifowanie, dogładzanie, gładzenie czy polerowanie. Ostateczne kształtowanie wymiarów i właściwości użytkowych przez nagniatanie jest obróbką bezwiórową i bezpyłową. Pozwala to na zaliczenie jej do ekologicznych metod obróbki. Przegląd literatury wykazał trzy podstawowe cele stosowania obróbki nagniataniem w procesach produkcyjnych części maszyn [5, 6]:

- obróbka gładkościowa, która powoduje zmniejszenie nierówności powierzchni po obróbce poprzedzającej nagniataniem;
- obróbka umacniająca, która podwyższa właściwości eksploatacyjne (tj. odporność na zużycie zmęczeniowe, cierne i korozyjne) przez zmianę właściwości materiału w warstwie wierzchniej;
- obróbka wymiarowo-gładkościowa, która wraz ze zwiększeniem dokładności wymiarowej powoduje jednoczesne zmniejszenie chropowatości powierzchni do wymaganej wartości.

Celem pracy jest uzyskanie odpowiedniej jakości technologicznej oraz nadanie odpowiednich właściwości eksploatacyjnych czopów wałów pomp odśrodkowych do wody morskiej stosowanych w siłowniach okrętowych. W ramach badań przeprowadzono optymalizację parametrów technologicznych obróbki nagniataniem na twardość i parametry stereometryczne czopów wałów pomp odśrodkowych. Dlatego proces nagniatania należy prowadzić, dążąc do minimalizacji chropowatości powierzchni (współczynnika R_a) oraz maksymalizacji stopnia względnego umocnienia

warstwy wierzchniej S_U [1]. Istotnym warunkiem prowadzonych badań jest określenie wpływu nagniatania na właściwości eksploatacyjne, do których zaliczane są: badania korozji elektrochemicznej, zużycia ciernego oraz zmęczenia stykowego. W artykule zostaną przedstawione wyniki dotyczące badań zmęczenia stykowego próbki po toczeniu wykańczającym oraz po przeprowadzonym procesie nagniatania

PRZYGOTOWANIE PRÓBEK

W celu przygotowania czopów pod obróbkę nagniataniem wałki ze stali nierdzewnej X5CrNi1810 poddano wstępnej obróbce skrawaniem. Proces toczenia przeprowadzono na tokarce TUC 40 nożem z wymiennymi płytkami typu WNMG 080408 WF firmy Sandvik Coromant. Podczas operacji toczenia zastosowano następujące parametry skrawania: prędkość skrawania $V_c = 112$ m/min, posuw $f = 0,27$ mm/obr., głębokość skrawania $a_p = 0,5$ mm.

Po wstępnej obróbce skrawaniem czopy poddano procesowi nagniatania za pomocą nagniataka jednorolkowego SRMD firmy Yamato (rys. 1.). Nagniataniu poddane zostały czopy wałków o średnicy $\phi 40$ mm. W ramach badań przeprowadzono optymalizację parametrów technologicznych obróbki nagniataniem [2]. Zastosowane parametry procesu technologicznego obróbki plastycznej przedstawiono w tabeli 1.



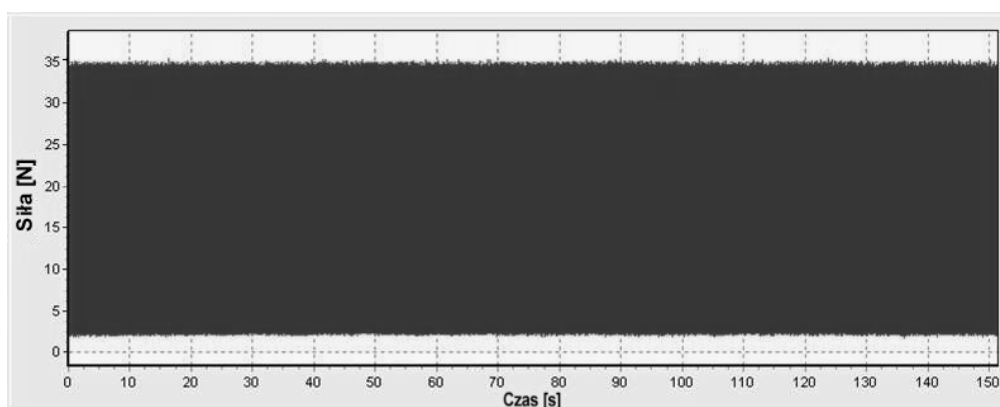
Rys. 1. Nagniatak

Tabela 1. Parametry procesu technologicznego obróbki nagniataniem

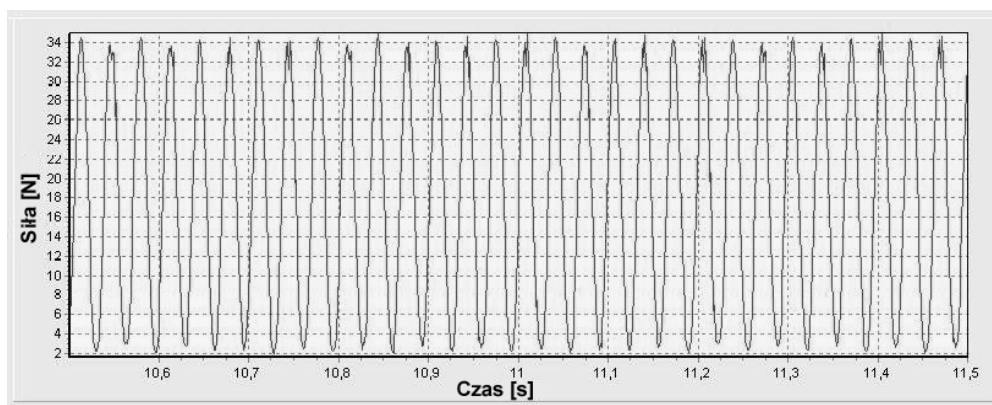
Parametr	Wartości
Siła nagniatania — F [kN]	1,1
Prędkość nagniatania — V_c [m/min]	35
Posuw — f [mm/obr]	0,13

METODYKA BADAŃ

Eksperyment został wykonany na stanowisku zbudowanym na podstawie wytycznych normy PN-H 04324.1980. *Metale. Badania na zmęczenie stykowe*. Stanowisko wyposażone jest w czujnik siły o zakresie 0–2 kN, miernik dwukanałowy MW2006-4 oraz program komputerowy PP203. Przyrząd współpracuje z momentomierzami typu MI i MIR produkcji PIMR Poznań wyposażonymi w przetwornik obrotowo-impulsowy oparty na układzie scalonym HAL320. Przykładowy zapis zmienności przebiegu siły w czasie 150 sekund przedstawiono na rysunku 2. Rysunek 3. przedstawia wycinek przebiegu tej siły w czasie 1 sekundy.



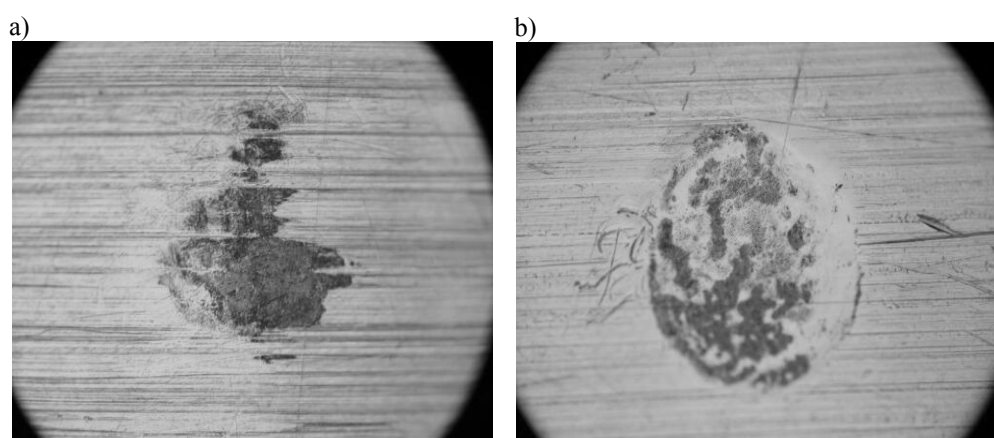
Rys. 2. Rejestracja przebiegu siły w czasie 150 sekund



Rys. 3. Rejestracja przebiegu siły w czasie 1 sekundy

WYNIKI BADAŃ

Badaniu zmęczenia stykowego przy styku stałym poddano dwie próbki: po toczeniu wykańczającym oraz po przeprowadzonej obróbce nagniatania (rys. 4.). Warunki obciążenia utrzymywano w granicach $\pm 1,5\%$ siły maksymalnej F_c . Na podstawie wzorów Hertza wyznaczona została maksymalna siła docisku wynosząca $F_c = 35,4$ N. Zalecenie normy dotyczące podstawy badania zmęczenia stykowego określa liczbę cykli $N_G = 2 \cdot 10^7$. Liczba cykli przyjęta w eksperymencie dla obu próbek wynosiła $1,726 \cdot 10^8$. Jako kryterium zniszczenia próbki w badaniach zmęczenia stykowego przyjmuje się pojawienie pęknięć lub wykruszeń na jej powierzchni. Po przeprowadzonym eksperymencie na powierzchni materiału zaobserwować można wykruszenia warstwy wierzchniej. Wykonane pomiary przy dwudziestokrotnym powiększeniu całkowitego pola zużycia wykazały, że dla próbki toczzonej wynosi ono $20,6 \text{ cm}^2$, natomiast dla próbki po nagniataniu $15,6 \text{ cm}^2$.



Rys. 4. Dwudziestokrotne powiększenie próbki: a) po toczeniu b) po nagniataniu

WNIOSKI

Zastosowanie zoptymalizowanych parametrów nagniatania umożliwia uzyskanie powierzchni o szczególnie korzystnych właściwościach. Wały pomp poddane procesowi nagniatania po wstępnej obróbce skrawaniem pozwalają uzyskać warstwę wierzchnią o wyższym stopniu względnego umocnienia warstwy wierzchniej przy jednoczesnym zmniejszeniu chropowatości. Obróbka nagniatania powierzchni czopów wałów okrętowych pomp krętnych wykonanych ze stali nierdzewnej X5CrNi1810 przyczyniła się do zwiększenia odporności na zmęczenie stykowe.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Charchalis A., Starosta R., Labuda W., *The influence of burnishing parameters on the roughness, plastic strain and shape deviations of marine pumps crankshaft pins in fresh water installations*, 'Journal of KONBiN', 2009, No 1–2, pp. 57–66.
- [2] Labuda W., Starosta R., Dyl T., *Ocena wpływu parametrów nagniatania na umocnienie warstwy wierzchniej i zmianę chropowatości powierzchni stali X5CrNi1810*, 'Journal of KONES Powertrain and Transport', 2008, Vol. 15, No 3, pp. 259–267.
- [3] Przybylski W., *Technologia obróbki nagniataniem*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1987.
- [4] Przybylski W., *Wpływ stanu warstwy wierzchniej konstytuowanej przez nagniatanie na trwałość elementów maszyn. Wybrane problemy trybologii*, PWN, Warszawa 1990.
- [5] Przybylski W., *Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie*, Wydawnictwa Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2005.
- [6] Przybylski W., *Współczesne problemy w technologii obróbki przez nagniatanie*, t. 2, Wydawnictwa Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2008.
- [7] PN-H 04324:1980. *Metale. Badania na zmęczenie stykowe.*

EFFECT OF BURNISHING PROCESS ON IMPROVING OPERATING PROPERTIES OF WATER PUMPS SHAFTS IN MARINE ENGINES

ABSTRACT

Angular momentum pumps are very often used on ships. Because the pumps are work in hard conditions they are made from erosion wear proof and electrochemical corrosion resistant materials. The most popular damage of pump shaft is neck wear in places where seals are installed. During the technological process, optimum burnishing parameters were applied in order to ensure high degree of surface layer relative hardness and to decrease surface roughness of angular momentum pumps shafts made of stainless steel X5CrNi1810. The objective of the investigation is to determine the effect of burnishing on operating properties, which include: research electrochemical corrosion, friction and fatigue wear pin. The paper will present the results of plastic strain resistance.

Keywords:

plastic tooling, burnishing, stainless steel, ships pumps, plastic strain.

Recenzent prof. dr hab. inż. Zbigniew Dąbrowski