

# Wpływ nagniatania strumieniowego na właściwości warstwy wierzchniej elementów z wybranych stali stopowych

## Streszczenie

W pracy omówiono aspekty teoretyczne i technologiczne procesu nagniatania strumieniowego. Eksperyment oparto na zmianie parametru ciśnienia przy zachowaniu niezmienności pozostałych ustawień procesu. Jako materiał badań wykorzystano stal odporną na korozję o strukturze austenitycznej (AISI 304) i martenzytycznej (AISI 413). Stale te przedstawiono jako alternatywa (stosowane w firmie Sulzer Turbo Services) dla nadstopów na bazie niklu i kobaltu w produkcji takich elementów jak koła zębate, wały korbowe, sprężyny dociskające, hamulce hydrauliczne, a przede wszystkim łopatki turbin. Aby osiągnęły porównywalne właściwości do takich materiałów, konieczna jest modyfikacja właściwości ich warstwy wierzchniej oraz właściwości eksploatacyjnych, którą osiągnięto przy pomocy procesu nagniatania strumieniowego. Był to również główny cel naukowy niniejszej rozprawy doktorskiej. Dodatkowo określono parametry technologiczne procesu nagniatania prowadzące do wzrostu właściwości eksploatacyjnych elementów maszyn wykonanych ze stali stopowych. Ponadto określono istnienie związków pomiędzy parametrami obróbki nagniatania strumieniowego a badanymi właściwościami.

Badania skupiły się na określeniu mikrotwardości badanych materiałów, ich strukturze geometrycznej, rentgenowskiej analizie fazowej (XRD), w tym określeniu wielkości ziaren oraz naprężeń wewnętrznych, a także analizie mikroskopowej i zmęczeniowej na podstawie zginania obrotowego oraz badaniach odporności na zużycie ścierne i erozję kawitacyjną. W rozprawie doktorskiej przedstawiono wyniki badań poszczególnych testów i eksperymentów dla obu gatunków stali i różnych wartości ciśnienia podczas nagniatania strumieniowego oraz porównanie tych wyników, co pozwoliło zestawić je ze sobą i określić wzajemne zależności.

Wzrost ciśnienia podczas procesu nagniatania strumieniowego spowodował zmianę morfologii i struktury geometrycznej warstwy wierzchniej, jak i właściwości mechanicznych. Inaczej jednak wyglądało to w przypadku poszczególnych materiałów wykorzystanych do badań. Stal martenzytyczna osiągnęła wyższe wartości parametrów mikrotwardości, zarówno na powierzchni, jak i na przekroju, a jednocześnie niższe wartości parametrów chropowatości, współczynnika tarcia, skumulowanego ubytku masy, głębokości erozji czy prędkości erozji w porównaniu ze stalą austenityczną. Stal AISI 304 przy niższych wartościach mikrotwardości charakteryzowała się większą chropowatością, co z kolei wpłynęło na mniejszą odporność na zużycie ścierne i kawitacyjne. Niemniej jednak zaobserwowano zmiany właściwości stali obu gatunków stali w porównaniu do stali referencyjnych (bez żadnej dodatkowej obróbki).

Dogłębna analiza wyników wykazała jednak, że znaczny wzrost ciśnienia podczas procesu nagniatania nie powoduje coraz lepszych rezultatów. Najbardziej korzystnym wariantem okazało się zastosowanie pośredniej wartości ciśnienia – 0,3 MPa. Wyniki badań mogą posłużyć do opracowania technologii wykończenia warstw wierzchniej w zakładzie produkcyjnym wykorzystującym obróbkę nagniatania strumieniowego do modyfikacji elementów.

**Słowa kluczowe:** nagniatanie strumieniowe, warstwa wierzchnia, stal austenityczna, stal martenzytyczna, mikrotwardość, chropowatość, XRD, zginanie obrotowe, ścieranie, kawitacja