

Projekt finansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki

SUPERPORE-X: Funkcjonalnie porowate nadstopy niklu Hastelloy-X jako nowa klasa materiałów uszczelniających w turbinach gazowych.

Jednym z podstawowych zadań stawianym w dzisiejszym czasach przed naukowcami i inżynierami jest zapewnienie wydajnych sposobów wytwarzania i zarządzania energią. W świetle ograniczonych zasobów paliw kopalnianych oraz globalnych problemów związanych z zanieczyszczeniem środowiska, praca nad ciągłym doskonaleniem energetyki jest koniecznością i obowiązkiem. Przykładem urządzeń energetycznych, które podlegają ciągłemu rozwojowi są naziemne i lotnicze turbiny gazowe. Od momentu upowszechnienia silników turbogazowych (po Drugiej Wojnie Światowej), prowadzone są intensywne prace mające na celu zwiększenie ich wydajności. W ogólnym przypadku, wzrost efektywności tych urządzeń realizowany jest poprzez (1) podwyższenie temperatury pracy i/lub (2) usprawnienie przepływu i kontroli ciśnienia strumieni gazów przez kolejne elementy turbiny. W obu przypadkach, wymagane jest wprowadzanie nowych materiałów o coraz to większej żarowytrzymałości i żaroodporności, jak również stosowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych. Szczególną uwagę należy poświęcić tutaj, kwestii stosowanych uszczelnień pomiędzy rotującymi elementami silnika, a jego obudową. Zapewnienie odpowiednich prześwitów pomiędzy wirującymi łopatkami turbiny ma udokumentowany wpływ na zmniejszenie zużycia paliwa. W nowoczesnych silnikach zachowanie odpowiednich prześwitów staje się szczególnym wyzwaniem. Dawne silniki (produkowane w latach 50-tych) pracowały przy stosunkowo niskich stosunkach ciśnienia, a prześwity nad końcówkami łopatek były wystarczająco duże, aby uniknąć tarcia pomiędzy elementami. Z drugiej strony, nowoczesne turbiny gazowe charakteryzują się znacznie wyższym stosunkiem ciśnień wynoszącym $\sim 25:1$. Aby utrzymać jak najwyższą wydajność, luzy uszczelniające zostały znacznie zmniejszone. Mniejsze luzy prowadzą do kontaktu ciernego w miejscach uszczelnienia i wymusiły wprowadzenie ścieralnych elementów uszczelniających, które są zaprojektowane do zużywania się podczas eksploatacji. Obecnie najpowszechniejszym rozwiązaniem w zakresie uszczelniania są tzw. struktury plastra miodu. Tego typu uszczelnienia są wykonane z cienkich folii (o grubości 70 do 130 μm) ułożonych w równe sześciokątne komórki, o rozmiarze 1/32 do 1/8 cala (0,8-3,2 mm) i lutowane na tylnej płycie uszczelnienia. Obecnie cienkie folie wykonuje się głównie z nadstopów niklu (np. Hastelloy-X). Niemniej jednak należy podkreślić, że uszczelki o strukturze plastra miodu charakteryzują się pewnymi istotnymi ograniczeniami i wadami. Wśród nich najważniejsze to: (1) duża podatność na uszkodzenia mechaniczne na etapie produkcji, montażu i eksploatacji; (2) niewystarczająca żaroodporność; (3) niska odporność na zużycie ścierne. Projekt Superpore-X koncentruje się na rozwoju nowych materiałów i technologii w zakresie stosowania uszczelnień turbin gazowych. Długoterminową wizją projektu jest wprowadzenie nowych, funkcjonalnie gradientowych, porowatych stopów Hastelloy-X o ulepszonych parametrach i wydłużonej żywotności w porównaniu z obecnie stosowanymi uszczelnieniami o strukturze plastra miodu. Stąd, głównym celem naukowym jest opracowanie zależności proces/struktura/właściwości dla wytwarzania porowatych stopów Hastelloy-X o kontrolowanej wielkości i rozmieszczeniu porów, poprzez badania eksperymentalne nad podstawowymi zjawiskami kontrolującymi tworzeniem się struktury porowatej.

Ponadto, głównym celem technologicznym jest zaprojektowanie i wdrożenie czystej i łatwo skalowalnej metody wytwarzania tego typu materiałów opartej na metalurgii proszków i podejściu typu „space holder”. Główne pytanie jakie stawiamy w projekcie to: „Czy możemy wytworzyć funkcjonalnie gradientowe stopy Hastelloy-X o wstępnie zdefiniowanej strukturze porowatej i właściwościach konkurencyjnych do elementów uszczelniających o strukturze plastra miodu?” Aby udzielić na nie odpowiedzi, przydatność tych nowych porowatych stopów Hastelloy-X jako materiałów uszczelniających zostanie oceniona poprzez zbadanie ich właściwości użytkowych (mianowicie odporności na utlenianie, ścieralności i wysokotemperaturowych właściwości mechanicznych) w badaniach porównawczych z plastrami miodu. Na koniec, jako dowód na poprawność przyjętej koncepcji, dostarczone zostaną przykładowe komponenty wykonane z funkcjonalnie gradientowego porowatego stopu Hastelloy-X o wstępnie określonej (zorientowanej na końcową aplikację) wielkości i rozmieszczeniu porów.

Nr umowy: UMO-2021/41/B/ST5/03525

Wartość projektu: 1 365 546 PLN

Okres realizacji: 11.01.2022–10.01.2026

Kierownik projektu: dr inż. Wojciech Polkowski