

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt. „Badanie wybranych właściwości użytkowych napoin wytworzonych przyrostową technologią laserową LMD na stali 1.4923”

W części teoretycznej pracy zaprezentowano analizę funkcjonowania turbiny parowej oraz przyczyny zużycia łopat turbin w obszarze niskiej prężności pary. Przeprowadzono także analizę metod wytwarzania przyrostowego.

W ramach badań eksperymentalnych dobrano parametry wytwarzania warstw wierzchnich z proszku HS6-5-2c przyrostową technologią laserową LMD na podłożu stali 1.4923. W trakcie doboru parametrów napawania stosowano gęstość mocy wiązki laserowej od 170 do 320 W/mm², prędkość napawania od 6 do 14 mm/s oraz ilość podawanego proszku od 3,6 do 9,3 g/min. Dla każdej z wykonanych napoin określono wymiary geometryczne, wykonano pomiar twardości, określono szerokość wpływu ciepła oraz udział materiału podłoża w napoinie. Szerokość napoin zawierała się w zakresie od 0,95 do ponad 1,4 mm a wysokość napoin zawierała się w przedziale od 0,26 do nawet 0,52 mm. W napoinie stwierdzono wyższą twardość niż w materiale podłoża. Twardość materiału podłoża wynosiła ok. 300 HV_{0,1}, a uzyskana twardość w napoinach zawierała się w przedziale od ok. 600 do ok. 670 HV_{0,1}. Dla wytworzonych napoin oprócz wymiarów geometrycznych określono także: głębokość wtopienia w materiał podłoża (uzyskano wartości od 36 do ponad 200 μm), szerokość strefy wpływu ciepła (otrzymano od 201 do 426 μm), udział materiału podłoża w napoinie (od ok. 5% do ponad 15%) oraz analizowano rozkład składu chemicznego i mikrostruktury. Na podstawie wyników otrzymanych dla pojedynczych napoin (ściągów) wytypowano do dalszych badań następujące parametry: gęstość mocy wiązki laserowej 230 W/mm², prędkość napawania 12 mm/s oraz ilość podawanego proszku 5,7 g/min. W kolejnym etapie doboru parametrów wytwarzania zbadano wpływ napawania z zakładką kolejnych ściągów na siebie na wymiary i jakość uzyskanych warstw. Wytypowano jako najlepszy 50% stopień nakładania się kojonych ściągów na siebie i z tymi parametrami wytworzono warstwy wierzchnie składające się z jednej, dwóch i trzech warstw. Każdą z wytworzonych warstw wierzchnich przebadano określając wymiary geometryczne, mikrotwardość, skład chemiczny, mikrostrukturę i wykonano badania nieniszczące metodą prądów wirowych.

Dobranie parametrów wytwarzania przyrostową technologią laserową (LMD) warstw wierzchnich z proszku HS6-5-2c na podłożu stali 1.4923 pozwoliło na wykonanie napoin na próbkach płaskich. Na wytworzonych próbkach określono wybrane właściwości wytworzonych warstw oraz materiału podłoża z napoinami. W pracy przedstawiono wyniki badań wytworzonych napoin oraz porównano je z właściwościami materiału podłoża, tj. stali 1.4923 w stanie „po hartowaniu” (hartowanie z temp. 1030°C i niskie odpuszczanie w temp. 190°C) oraz ze stali 1.4923 po „obróbce cieplnej” (hartowanie z temp. 1030°C i wysokie odpuszczanie w temp. 630°C w czasie 2h). Wykonano badania porównawcze właściwości

mechanicznych (próba rozciągania, próba trójpunktowego zginania, pomiar udarności), badania odporności na erozję i korozję.

Statyczna próba rozciągania zobrazowała właściwości wytrzymałościowe trzech badanych materiałów. Najwyższą granicę wytrzymałość na rozciąganie wynoszącą ponad 1400 MPa otrzymano dla próbek z materiału stali 1.4923 po hartowaniu. Próbki z napoina miały granicę wytrzymałości o ponad 300 MPa niższą. Najniższą granicę wytrzymałości wynoszącą ok. 1000 MPa uzyskano dla próbek ze stali 1.4923 po ulepszaniu cieplnym.

Najwyższe wartości udarności uzyskano dla materiału po ulepszaniu cieplnym od 12,12 do 18,81 J/cm². Niższe wartości udarności tj. od 9,74 do 12,34 J/cm² uzyskano dla materiału po ulepszaniu cieplnym z napoina wykonaną metodą LMD z proszku HS6-5-2c. Najniższą wartość udarności uzyskano dla materiału po hartowaniu i wynosiła ona od 6,02 do 7,23 J/cm². Dla każdej z badanych próbek otrzymano przełom kruchy.

Statyczna próba zginania trójpunktowego wykazała dobrą przyczepność wytworzonych warstw do podłoża.

Badanie odporności na erozję wykazało ponad siedmio krotne zmniejszenie zużycia erozyjnego warstw wykonanych technologią LMD z proszku HS6-5-2c w porównaniu z materiałem po ulepszaniu cieplnym oraz prawie trzy krotne zmniejszenie ubytku masy w stosunku do materiału stali 1.4923 w stanie po hartowaniu. Stwierdzono ok. 25% zwiększenie ubytku masy badanych próbek dla 45° kąta padania medium roboczego w stosunku do prostopadłego podawania medium roboczego (90°).

Badanie odporności na korozję w roztworze wody i NaCl (o stężenia 0,9% i 3,5%) wykazało że z badanych materiałów stali 1.4923 po hartowaniu ma najlepszą odporność na korozję. Najgorszą odpornością na korozję wykazał się materiał HS6-5-2c wytworzony w sposób klasyczny. Napoina z proszku HS6-5-2c oraz materiał ze stali 1.4923 po ulepszaniu cieplnym odznaczał się podobną odpornością na korozję.

W ostatnim etapie pracy (rozdział 8) zaprezentowano sposób wytworzenia łopaty turbiny parowej stopnia niskiej prężności tak, aby łopata miała warstwę wierzchnią z proszku HS6-5-2c wykonaną przyrostową technologią laserową LMD.

Wojciech Chowaniec