

Ocena lutowanych połączeń w samochodowych wymiennikach ciepła za pomocą sztucznych sieci neuronowych

Streszczenie

W pracy omówiono wyniki badań lutowanych połączeń w samochodowych wymiennikach ciepła, a także procedurę predykcji ich jakości za pomocą sztucznych sieci neuronowych. Analizę poprzedzono przeglądem stanu wiedzy (rozdz. 1). Stwierdzono, że wymienniki ciepła są ważnymi wyrobami przemysłu motoryzacyjnego, a proces technologiczny montażu decyduje o ich jakości. Połączenia lutowane muszą spełniać liczne wymagania, w tym szczelności, wytrzymałości mechanicznej i odporności na korozję, na które wpływają właściwości łączonych materiałów i spoiwa lutowniczego, a także technologia i parametry lutowania. Ocena złożonych procesów i wyrobów, w warunkach posiadania niepełnych informacji, wymaga użycia narzędzi wspomagania decyzji, uzupełniających wiedzę i doświadczenie pracowników. Główny cel pracy dotyczy zatem opracowania procedury predykcji jakości lutowanych połączeń za pomocą sztucznych sieci neuronowych (rozdz. 2).

Do dalszych badań wybrano lutowane połączenia stopów aluminium AA3003 i AA4343, wykonane w piecu radiacyjno-konwekcyjnym w atmosferze azotu, zgodnie z technologią CAB (ang. Controlled Atmosphere Brazing) (rozdz. 3). W części doświadczalnej analizowano (rozdz. 4): 1) makro- i mikrostruktury metalograficzne (mikroskopia świetlna i skaningowa mikroskopia elektronowa), 2) skład chemiczny oraz profil zmian stężenia pierwiastków (spektroskopia rentgenowska z dyspersją energii EDS), 3) podstawowe właściwości mechaniczne, w tym mikrotwardość Vickersa, moduł Younga, odkształcenie plastyczne (nanointendancja), 4) odporność na korozję (potencjodynamiczna polaryzacja elektrochemiczna i napyłanie mgłą solną), 5) wymiary geometryczne oraz ewentualne wady (współrzędnościowa technika pomiarowa, trójwymiarowe skanowanie optyczne, rentgenowska tomografia komputerowa, 6) szczelność, 7) wytrzymałość na rozrywanie, szoki cieplne i pulsacje ciśnienia oraz 8) odporność na szoki cieplne. W celu oceny stabilności procesu wytwarzania wymienników ciepła wykonano test normalności rozkładu - chi-kwadrat, histogramy aproksymowane rozkładem normalnym, a wyniki pomiarów zestawiono na dystrybuancie teoretycznej rozkładu normalnego. Obliczono także wskaźniki zdolności jakościowej procesu C_p i C_{pk} .

Zebrany materiał doświadczalny pozwolił przedstawić kompleksową charakterystykę lutowanych połączeń, a także przygotować najważniejsze założenia autorskiej procedury ich oceny za pomocą sztucznych sieci neuronowych (rozd. 5). W celu wyboru najskuteczniejszych sieci, eksperymentalnie zmieniano ich strukturę i parametry, w tym: 1) algorytmy uczenia (Levenberga-Marquardta, regularyzacji bayesowskiej, gradientu skalowania sprzężonego oraz Broydena-Fletcher-Goldfarba-Shanno), 2) liczbę neuronów ukrytych (6-30), 3) funkcje aktywacji (liniową, logistyczną, tangens hiperboliczny i wykładniczą). Omówiono także możliwość stosowania opracowanych sieci w warunkach przemysłowych.