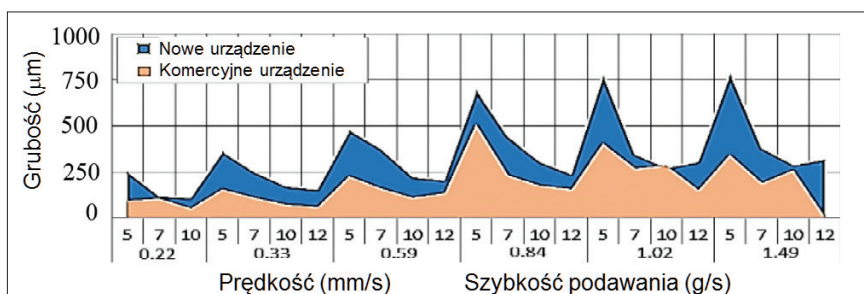


Wysoko wydajny system natryskiwania na zimno do reperowania elementów ze stali nierdzewnej

Natryskiwanie na zimno (*cold spray* – CS) jest stosowane do wzmacniania strukturalnego, powlekania i naprawy elementów metalowych. Osadzanie następuje w wyniku uderzania małych cząstek, przyspieszanych do prędkości ponaddźwiękowych, w powierzchnię osadzania. Zastosowanie CS pod wysokim ciśnieniem – koniecznym w przypadku materiałów ze stali nierdzewnej – jest *in situ* ryzykowne i nieoptyczne. Tu opisano nowatorską metodę osadzania CS z wykorzystaniem kompaktowego i łatwego w transporcie urządzenia.

Na rys. 1 przedstawiono urządzenie wyposażone w dyszę o zbieżno-rozbieżnym kształcie wewnętrznym. Średnica gardzieli 2 mm i kąt rozbieżności $0,22^\circ$ zapewniają przekształcenie gazu wlotowego w strumień naddźwiękowy również podczas pracy instalacji w warunkach niskiego ciśnienia i niskiej temperatury. System grzewczy składa się z wężownicy zintegrowanej z korpusem pistoletu, umożliwiającej spiralną trajektorię strumienia gazu i w konsekwencji zwiększenie wymiany termicznej (temperatura procesu do 500°C przy mocy grzewczej 7,5 kW).

Wydajność nowego urządzenia przebadano w serii eksperymentów osadzania pojedynczej ścieżki proszku AISI316L na podłożu ze stali nierdzewnej 1.4001 przy ciśnieniu 12,5÷14,5 bar. Wyniki oceniono na podstawie szerokości



Rys. 2. Porównanie grubości materiału nanoszonego z zastosowaniem nowego i komercyjnego urządzenia do CS

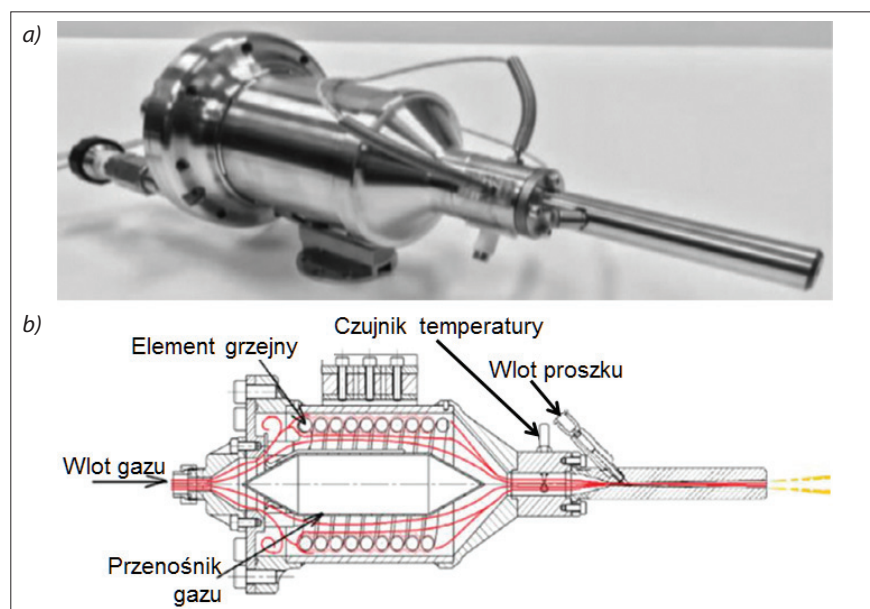
i grubości oraz mikrostruktury wewnętrznej.

Porównano wyniki uzyskane z użyciem nowego i komercyjnego urządzenia, jako gaz procesowy do CS zastosowano hel pod ciśnieniem 12,5 bar. W obu przypadkach rośnie grubość ścieżki wraz ze wzrostem prędkości posuwu, lecz nowe urządzenie umożliwia uzyskanie większej grubości osadzenia w całym zakresie parametrów procesu. Przykładowo: przy ciśnie-

niu helu 14,5 bar nowy system zapewnia większą grubość osadzania niż komercyjne rozwiązanie we wszystkich kombinacjach parametrów procesu (rys. 2).

Generalnie nowy pistolet do CS umożliwia zwiększenie ciśnienia roboczego helu z 12,5 do 14,5 bar, a jakość interfejsu osadzania-podłoża wzrasta z 60% do 97,5%. Porowatość próbek waha się od 1,3% do 7,5%. Analiza metalurgiczna wykazała brak pustek i pęknięć pomiędzy warstwami, co świadczy o dobrym wiązaniu międzycząsteczkowym. Porównanie osiągniętych wyników metalurgicznych z opisanymi w literaturze wykazało, że w nowym niskociśnieniowym procesie CS można uzyskać mikrostrukturę wewnętrzną podobną jak w procesie wysokociśnieniowym.

Opracował: prof. dr hab. inż.
Krzysztof Jemielniak



Rys. 1. Pistolet do niskociśnieniowego natryskiwania na zimno: a) wygląd zewnętrzny, b) konstrukcja

LITERATURA

Valente A., Gitardi D., Carpanzano E. "Highly efficient compact cold spray system for in-situ repairing of stainless steel material components". *CIRP Annals – Manufacturing Technology*. 69, 1 (2020): 181–184, <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2020.04.095>. ■