

Wybrane właściwości warstw porowatych powstałych podczas mikrospawania opornościowo-impulsowego

Selected properties of porous layers formed during the microwelding resistive-pulse process

WOJCIECH DEPCZYŃSKI
PIOTR MŁYNARCZYK
EWELINA ZIACH *

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2017.1.10>

Zaprezentowano sposób wytworzenia porowatej warstwy wierzchniej na stali przy pomocy mikrospawania opornościowo-impulsowego z wykorzystaniem urządzenia WS7000S. Scharakteryzowano właściwości uzyskanej napoiny porowatej. Przeprowadzono badania własności mechanicznych oraz obserwację mikrostruktury.

SŁOWA KLUCZOWE: warstwa porowata, mikrospawanie opornościowo-impulsowe, mikrostruktura, mikrotwardność

Presented was the way of forming a porous surface layer on steel with microwelding resistive-pulse using a device WS7000S. Porous properties of the resulting layer were characterized. Mechanical properties were studied and the microstructure was observed.

KEYWORDS: microwelding, surface engineering, porous layers, microstructure, microhardnes

Wytwarzanie porowatych warstw wierzchnich jest stosunkowo mało rozwiniętą dziedziną inżynierii warstwy wierzchniej. Uzyskanie takich warstw nastęca wielu problemów technologicznych i materiałowych [1, 4, 6, 7]. Metalowe pianki o otwartych komórkach charakteryzują się szczególnymi właściwościami strukturalnymi i mogą znaleźć szerokie zastosowanie w nośnikach katalizatorów, procesów i technologii energetycznych [2, 8, 9]. Metody pozwalające na uzyskanie akceptowalnych powłok porowatych opierają się głównie na łączeniu gotowych elementów porowatych.

Pianka Fe została przygotowana w sposób podany w polskim opisie patentowym nr 199720 [3], pozwalający na komponowanie nieregularnych struktur komórkowych z porów otwartych lub zamkniętych. Zakres porowatości w dużym stopniu zależy od użytych materiałów – rozmiaru cząstek i rodzaju materiału w postaci cząstek. Jednak istotny wpływ na porowatość ma stosunek masy proszku tlenku metalu oraz masy proszku matrycy, który jest podstawową strukturą wytwarzanych spieków [5, 6, 7].

Materiały użyte do eksperymentu

Warstwa wierzchnia, na którą były napawane różne rodzaje proszków, była ze stali S235JR. Do wykonania pasty użyto olejek silikonowy oraz mieszaniny proszków:

- żelaza NC 100.24,
- żelaza ASC 100.29,
- Distaloy SE.

Proces mikrospawania opornościowo-impulsowego

Eksperyment polegał na wykonaniu porowatej warstwy wierzchniej na stalowej płycie z wykorzystaniem trzech różnych past.

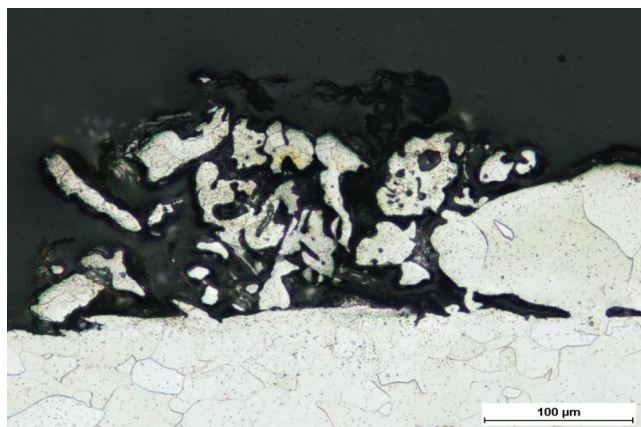
Aby uzyskać odpowiednie połączenie, konieczne było gruntowne przygotowanie powierzchni. Stalowa blacha została oczyszczona i odtłuszczona, także w miejscu podłączenia przewodu masowego.

Do past oprócz olejku silikonowego i proszków (NC 100.24, ASC 100.29, Distaloy SE) zostały w mieszane materiały dodatkowe: tlenek żelaza Fe_2O_3 oraz proszek miedzi Cu.

Proces mikrospawania został wykonany przy użyciu 50÷70% intensywności impulsów; czas trwania impulsu wynosił ok. 7 ms. Wszystkie parametry badań zostały dobrane eksperymentalnie.

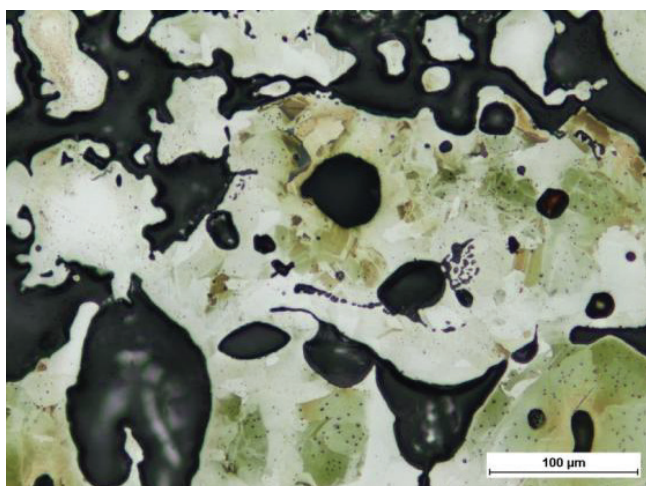
Badania mikrostruktur z zastosowaniem mikroskopii optycznej

Próbki zostały zainkludowane w żywicy epoksydowej w celu wykonania zglądów metalograficznych. Następnie próbki wyszlifowano, wypolerowano i wytrawiono nitałem. Przykładowe struktury metalograficzne zostały zaobserwowane przy użyciu mikroskopu optycznego Nikon Eclipse MA200 wraz z systemem analizy obrazu NIS 4.20.

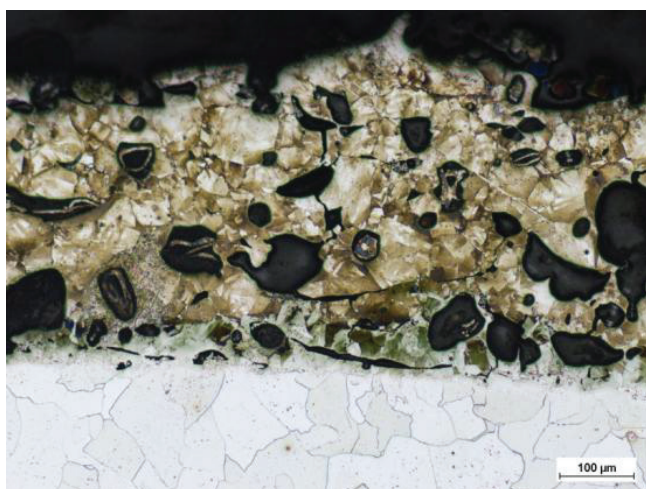


Rys. 1. Mikrostruktura warstwy porowatej wykonanej z użyciem pasty z olejku silikonowego i proszku NC 100.24 po trawieniu nitałem

* Dr inż. Wojciech Depczyński (wdep@tu.kielce.pl), mgr inż. Piotr Młynarczyk (piotrm@tu.kielce.pl), mgr inż. Ewelina Ziach (ewelina.ziach@gmail.com) – Politechnika Świętokrzyska w Kielcach



Rys. 2. Mikrostruktura warstwy porowatej wykonanej z użyciem pasty z oleju silikonowego i proszku ASC 100.29 po trawieniu nita-lem, powiększenie 200×



Rys. 3. Mikrostruktura warstwy porowatej wykonanej z użyciem pasty z oleju silikonowego i proszku Distaloy SE po trawieniu nita-lem, powiększenie 100×

Badanie mikrotwardości

Podczas badania mikrotwardości metodą Vickersa wykonane zostały pomiary pod obciążeniem 100 G (0,98 N) przez 15 s. Wyniki pomiarów mikrotwardości przedstawiono w tabelicy.

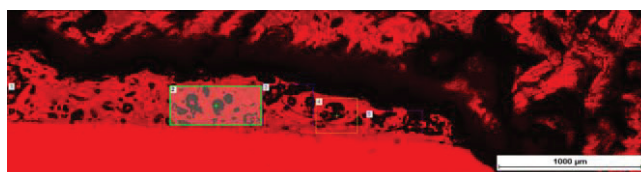
TABLICA. Wyniki pomiarów mikrotwardości

Rodzaj proszku	NC 100.24	ASC 100.29	Distaloy SE
Materiał rodzimy (średnia)	151 HV	159 HV	149 HV
Warstwa porowata (średnia)	118 HV	219 HV	395 HV

Badanie porowatości warstw wierzchnich

Badanie porowatości warstwy wierzchniej odbyło się z wykorzystaniem cyfrowego systemu analizy obrazu NIS 4.20. Dokonano pomiaru porowatości na zdjęciu złożeniowym z mikroskopu Nikon Eclipse MA200. Oznaczono poszczególne fragmenty, tzw. *region of interest* (ROI), tak aby obszar nie wykraczał poza badany materiał, gdyż wówczas otrzymany wynik byłby błędny. Przeanalizowano pojedynczo każdy z zaznaczonych obszarów, a następnie wyniki przeniesiono do programu MS Office Excel.

Przekrój warstwy mikroporowatej powstałej na bazie proszku Distaloy SE najlepiej rokuje z perspektywy dalszych eksperymentów.



Rys. 4. Badanie porowatości warstwy wierzchniej ze wskazanym miejscem badania porowatości

Wyniki badania porowatości porowatych warstw wierzchnich:

- próbki z proszkiem NC 100.24: 41%,
- próbki z proszkiem ASC 100.29: 57%,
- próbki z proszkiem Distaloy SE: 64%.

Podsumowanie

Na podstawie badań można stwierdzić, że jest możliwe uzyskanie porowatych warstw wierzchnich przy pomocy mikrospawania opornościowo-impulsowego. Jednym z elementów decydujących jest niewątpliwie dobór parametrów procesu – zbyt słaba intensywność impulsów może spowodować jedynie przyklejenie warstwy wierzchniej natomiast zbyt wysoka może wywołać deformację i uszkodzenie materiałów nanoszonych. Kolejnym decydującym czynnikiem jest dobór materiałów do wytworzenia pasty. Domieszki, które zostały wprowadzone do past, miały na celu uzyskanie jak największej porowatości materiału nanoszonego (12% Fe_2O_3 i 6% Cu). Odniosło to zamierzony efekt, porowatość warstwy wierzchniej kształtuje się na poziomie 40÷65%.

Najlepsze właściwości uzyskano dla pasty składającej się z olejku silikonowego oraz proszku Distaloy SE z dodatkiem Fe_2O_3 i Cu. Warstwa wierzchnia wytworzona z użyciem tej mieszaniny cechowała się największą porowatością o dość równomiernym rozmieszczeniu porów oraz największą twardością.

Przeprowadzona została również analiza liniowa, która wykazała brak dyfuzji napawanej warstwy wierzchniej do materiału podłoża. Jedyna zauważalna zmiana w rozkładzie Cu wystąpiła na granicy warstwy wierzchniej i podłoża. Badanie mikrotwardości wykazało, że uzyskana warstwa wierzchnia wykazuje zadowalające właściwości mechaniczne.

LITERATURA

- Ashby M.F., Evans A.G., Fleck N.A., Gibson L.J., Hutchinson J.W., Wadley H.N.G. „*Metal Foams: A Design Guide*”. Butterworth-Heinemann 2000.
- Calvo S., Beugre D., Crine M., Léonard A., Marchot P., Toye D., “Phase distribution measurements in metallic foam packing using X-ray radiography and micro tomography”. *Chemical Engineering and Processing*. 48 (2009): s. 1030–1039
- Chatys R., Depczyński W., Żórawski W. Sposób wytwarzania struktur porowatych, Patent RP nr 199720.
- Davies G.J., Zehn S. “Review Metallic foams: their production, properties and applications”. *Journal of Materials Science*. 18 (1983): s. 1899–1916.
- Depczyński W. “Sintering of copper layers with a controlled porous structure”. *Metal 2014: 23RD International Conference on Metallurgy and Materials*. (2014): s. 1219–1224.
- Depczyński W., Młynarczyk P., Spadło S., Ziach E. „Wytwarzanie warstw porowatych przy użyciu mikrospawania”. *Technika Transportu Szybowego*. (2015): s. 378–380.
- Depczyński W., Młynarczyk P., Spadło S., Ziach E. „Analiza mikrostruktury warstw porowatych nanoszonych w procesie mikrospawania”. *Technika Transportu Szybowego*. (2015): s. 374–377.
- Wójcik T.M. “Experimental investigations of boiling heat transfer hysteresis on sintered, metal-fibrous porous structures”. *Experimental Thermal and Fluid Science*. 33 (2009): s. 397–404.
- Wójcik T.M. “Heat transfer enhancement and surface thermo stabilization for pool boiling on porous structures”. *EPJ Web of Conferences*. 25 01100 (2012).