

Wojciech DEPCZYŃSKI¹
Robert KANIOWSKI²

WYBRANE ASPEKTY TECHNOLOGII WYTWARZANIA I ZASTOSOWANIA SPIEKANYCH PROSZKOWYCH STRUKTUR POROWATYCH

W Politechnice Świętokrzyskiej podjęto prace nad wytworzeniem nowych pokryć porowatych powierzchni grzejnych. Założono, że w wyniku spiekania w atmosferze zdysocjowanego amoniaku proszku miedzi z dodatkiem proszku tlenku miedzi powstaną pory pochodzenia dyfuzyjnego, co powinno doprowadzić do rozwinięcia powierzchni wewnątrz struktury i zapewnić dodatkowe ośrodki nukleacji. Podstawowa technologia wytwarzania struktur jest spiekanie proszków miedzianych proszkiem tlenku miedzi o różnej wielkości cząstek. Drugą proponowaną technologią jest nakładanie pokryć metodą elektrolityczną. Przedstawiono wyniki badań metalograficznych i wpływu parametrów strukturalnych tak wytworzonych pokryć na wymianę ciepła przy wrzeniu. Dla struktury spiekanej uzyskano znaczną intensyfikację wymiany ciepła przy wrzeniu.

MICROSTRUCTURE AND PROPERTIES OF STELLIT LAYERS CREATED BY THE ELECTROSPARKDEPOSITION TECHNOLOGY

In the paper the authors present the results of studies of boiling heat transfer on sintered and galvated, porous structures. It was assumed that hydrogen atmosphere sintering of copper powder with an ition of cuprous oxide powder will result in the formation of diffusive pores, which should lead to Irface extension inside the structure and a generation of new nucleation sites. Sintering of copper powders with different amounts of copper oxide added to them is the basic technology for structure generation. The paper discusses results of metallographic analysis the effect of prepared covering structural parameters on boiling heat transfer. Significant intensification of boiling heat transfer coefficient (11 x) was obtained for the sintered structure.

¹dr inż. Wojciech Depczyński, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; 25-314 Kielce; Al.1000 I. P.P. 7, tel: + 48 41 342-45-06, , Fax: + 48 41 342-45-19, e-mail: wdep@tu.kielce.pl

²mgr inż. Robert Kaniowski, Politechnika Świętokrzyska, Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn; 25-314 Kielce; Al.1000 I. P.P. 7, tel: + 48 41 342-45-18, , Fax: + 48 41 342-45-19

1. WSTĘP

Jednym z najważniejszych problemów współczesnej techniki jest odbiór znacznych gęstości strumienia ciepła. Jest to zagadnienie niezwykle istotne zarówno z ekonomicznego, technologicznego punktu widzenia jak i ze względu na środowisko naturalne. Uzyskanie dużych wartości współczynników ciepła zmniejsza wymiary i pozwala zaoszczędzić materiały do budowy wymienników a także zmniejszyć zużycie energii w procesach technologicznych. Do urządzeń wytwarzających duże strumienie ciepła, rury cieplne, kompaktowe wymienniki ciepła, reaktory jądrowe, silniki raketowe, turbiny gazowe, źródła promieniowania rentgenowskiego i świetlnego dużej mocy.[1,2]

Te zadania implikują badania mające na celu zwiększenie efektywności urządzeń instalacji, w których realizowane są procesy wymiany ciepła. Głównym sposobem osiągnięcia celu jest uzyskanie jak największych wartości współczynnika przejmowania ciepła, czyli możliwie dużego strumienia ciepła przy małej różnicy temperatur między powierzchnią grzejną a kontaktującym się z nią płynem. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu zmiany fazy towarzyszącej procesom wrzenia.

Chociaż wymiana ciepła przy wrzeniu jest bardzo intensywna to rozwój nowoczesnej techniki wymaga odprowadzania tak dużych gęstości strumienia ciepła, jakich nie zapewnia proces wrzenia na technicznie gładkiej powierzchni. W związku z tym pojawiła się potrzeba opracowania metod intensyfikacji wymiany ciepła przy wrzeniu. Polegają one między innymi na zastosowaniu rozwiniętych mikropowierzchni grzejnych, m.in. pokrywaniu powierzchni wymiany ciepła strukturami kapilarno-porowatymi (SKP). Rozwój badań eksperymentalnych i teoretycznych doprowadził do opracowania różnorodnych struktur kapilarno-porowatych różniących się technologią wykonania, parametrami strukturalnymi (porowatością objętościową i powierzchniową, szkieletową przewodnością cieplną), parametrami geometrycznymi a także własnościami w wymianie ciepła [1,3].

W Politechnice Świętokrzyskiej podjęto prace nad wytworzeniem nowych pokryć kapilarno-porowatych powierzchni grzejnych, o zadanych parametrach strukturalnych. Założono, że w wyniku nałożenia miedzi z dodatkiem proszku tlenku miedzi, a następnie redukcji tlenków zostaną wytworzone pory pochodzenia dyfuzyjnego, co powinno doprowadzić do rozwinięcia powierzchni wewnątrz struktury i zapewnić dodatkowe ośrodki nukleacji o zadanym rozkładzie rozmiarów.

Zaplanowano dwie technologie wykonania pokrycia:

1. Nałożenie osadu elektrolitycznego miedzi na podkładce miedzianej, (wytworzono dwie próbki),
2. Nałożenie na podkładkę w postaci warstwy mieszaniny proszku miedzi z proszkiem tlenku miedziawego, (wytworzono sześć próbek).

Pokrycia spiekano w atmosferze wodoru z krążkami miedzi o średnicy 30 mm (podkładkami miedzianymi).

Próbki wg. technologii 1 wykonano w sposób następujący:

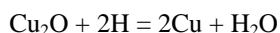
Na miedzianej podkładce osadzano miedź z wodnego roztworu zawierającego $\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$. Podczas osadzania, które trwało 4 godziny, elektrolit był mieszany. Następnie podkładkę, z nałożoną na jej powierzchnię warstwą miedzi, poddano przez 30 minut wy-

żarzaniu w temperaturze 850 °C w atmosferze wodoru powstałej ze zdysocjowanego amoniaku.

Sposób wykonania próbek wg. technologii 2 był następujący:

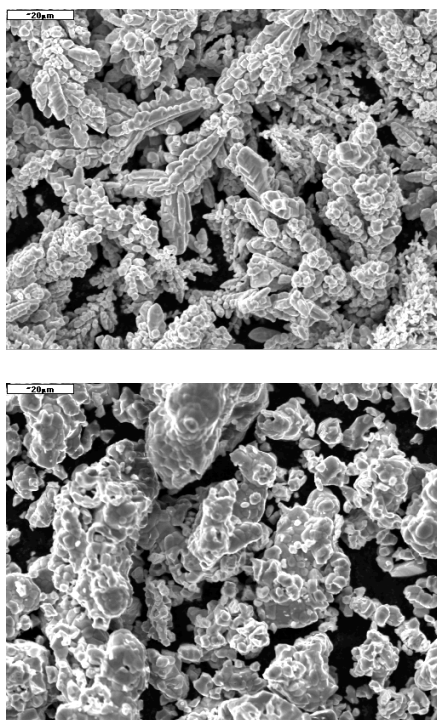
Na powierzchnię miedzi nakładano warstwę, będącą mieszaniną proszku miedzi i proszku tlenku miedzi. Następnie w atmosferze wodoru spiekano te warstwy.

Tlenek miedzi redukowano do czystej miedzi a wodór łączył się z tlenem tworząc parę wodną pod wysokim ciśnieniem. W czasie spiekania zachodzi reakcja redukcji tlenku miedzi wodorem wg reakcji:



Tlenek miedzi redukowany jest do czystej miedzi a wodór łączy się z tlenem tworząc parę wodną. W wyniku tej reakcji mieszanina proszku miedzi i proszku tlenku miedzi zamienia się na miedzianą warstwę porowatą, która równocześnie ulega spieczaniu i dyfuzyjnemu połączeniu z powierzchnią miedzianej podkładki.[4]

Do eksperymentu użyto proszku miedzi o cząstkach wielkości 45-63 μm. Z proszku tego uzyskano również proszek tlenku miedzi wygrzewając go na powietrzu w temperaturze 850 °C. Wielkość cząstek proszku tlenku miedzi zawierała się w granicach 80 - 200 μm. Cząstki proszku miedzi i proszku tlenku miedzi przedstawione są na rys. 1.

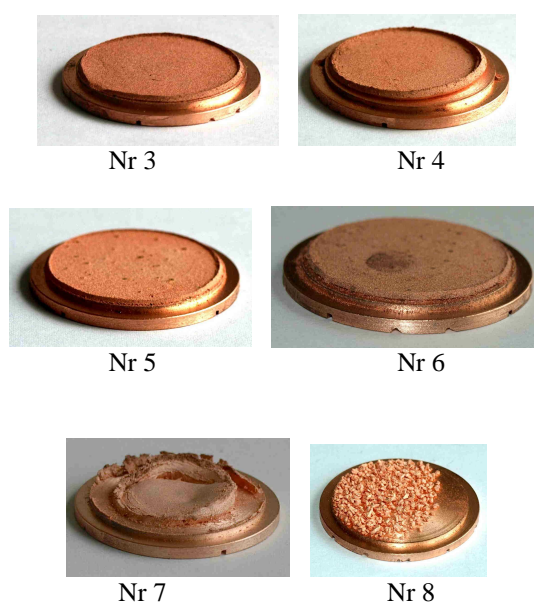


Rys.1. Cząstki proszku miedzi obserwowane w mikroskopie skaningowym

Wykonano szereg próbek w których zmieniał się zarówno udział proszku miedzi i proszku tlenku miedzi, jak i wielkość ziaren proszku tlenku miedzi. W wyniku badań

eksperymentalnych wymiany ciepła przy wrzeniu sprawdzono obie technologie wytwarzania.

Część z kompozycji uległa zniszczeniu w procesie spiekania na skutek zbyt intensywnych reakcji zachodzących podczas redukcji tlenków miedzi. Proces wydaje się być egzotermiczny i bardzo intensywny przy czym jego intensywność wzrasta wraz ze zwiększeniem udziału proszku tlenku miedzi w stosunku do proszku miedzi jak również jest bardziej intensywny dla mniejszej ziarnistości kompozycji próbki. (próbki nr 7 i 8 na rys.2.) Do dalszych badań wytypowano próbkę nr 6 ze względu na najlepsze zachowanie wymaganych wymiarów.

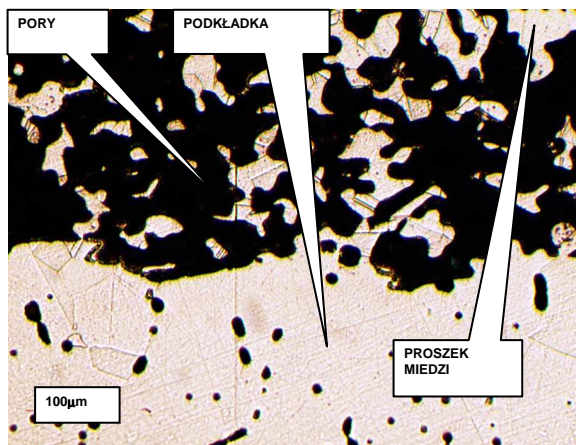


Rys.2. Makrofotografie próbek z pokryciami SKP

2. WYNIKI BADAŃ METALOGRAFICZNYCH

Badane próbki przecinano prostopadle do płaszczyzny podkładki. Po wytrawieniu szlifów odczynnikiem chromowym ujawnione zostały granice ziaren miedzi oraz efekt strukturalny zagłębień porów. Rys. 3 i 4 przedstawiają strukturę próbek obserwowaną w mikroskopie świetlnym.

Widok przekroju poprzecznego próbki nr 1 w strefie osadu elektrolitycznego pokazuje. rys. 3. Obraz mikrostruktury tej strefy podkładki uzyskano po wytrawieniu szlifów odczynnikiem chromowym. Z obserwacji mikroskopowych wynika, że uzyskano jedynie zwiększenie chropowatości powierzchni podkładki miedzianej ($Rz \sim 80$) a pory występują sporadycznie.



Rys. 3 Mikrofotografia próbki nr 6.

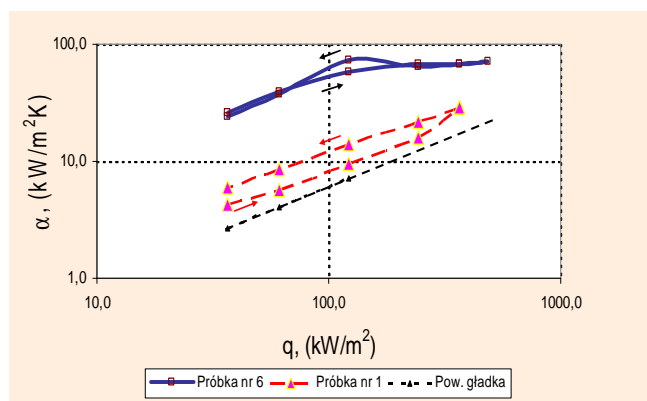
Obraz struktury porowatej próbki nr 6 utworzonej na płaskiej podkładce miedzianej i połączonej dyfuzyjnie z tą podkładką przedstawiono na rysunku 4. Uzyskano znaczne rozwinięcie powierzchni wymiany ciepła wewnątrz struktury. Należy zauważyć nierównomierny rozkład porów, wynikający ze zróżnicowania wielkości cząstek proszku Cu_2O . Widoczne są mostki łączące warstwę porowatą z powierzchnią podkładki miedzianej.

Przeprowadzono analizę ilościową mikrostruktur próbki nr 6 w celu określenia porowatości. Na przekrojach poprzecznych podkładki z warstwą porowatą wyznaczono ilość porów przypadającą na jednostkę powierzchni szlif. Przeanalizowano 37 obszarów struktury. Średnia porowatość wynosi 59,2%.

3. REZULTATY BADAŃ EKSPERYMENTALNYCH WYMIANY CIEPŁA PRZY WRZENIU

Dwie próbki wykonane metodą elektrochemiczną oraz sześć wykonanych spiekaniem proszków miedzi i tlenku miedzi poddano badaniom na stanowisku do wyznaczania współczynnika przejmowania ciepła. Przed podjęciem badań powierzchni pokrytych warstwami porowatymi wyznaczono krzywą wrzenia dla próbki bez pokrycia – powierzchni gładkiej. Badania dotyczyły wymiany ciepła przy wrzeniu w dużej objętości wody, etanolu i fluorinertu.

Rys.4 przedstawia przebieg krzywych wrzenia uzyskanych dla próbek nr 1 i 6, w porównaniu z krzywymi wrzenia dla powierzchni gładkiej.



Rys. 4. Przebieg krzywych wrzenia uzyskanych dla próbek nr 1 i 6, w porównaniu z krzywymi wrzenia dla powierzchni gładkiej

Przesunięcie w lewą stronę krzywych wrzenia, w porównaniu z krzywą wrzenia powierzchni gładkiej świadczy o intensyfikacji wymiany ciepła. Przy czym dla próbki nr 6 intensyfikacja jest znaczna. O wzmocnieniu wymiany ciepła świadczy stosunek współczynników przejmowania ciepła dla powierzchni pokrytych warstwą porowatą α_p do współczynnika dla powierzchni gładkiej tj. α_g . Osiągnął on maksymalną wartość 11,5 dla próbki nr 6 i etanolu jako czynnika wrzącego. Dla wrzenia etanolu widoczna jest niewielka histereza wymiany ciepła. Zjawisko histerezy wynika z własności penetrujących cieczy o małych kątach zwilżania, skutkiem czego następuje dezaktywacja potencjalnych ośrodków nukleacji.

4. WNIOSKI

W artykule zaprezentowano technologię wytwarzania struktur porowatych oraz wyniki badań wymiany ciepła przy wrzeniu w dużej objętości dla płaskich, miedzianych powierzchni. W wyniku prac dotyczących nowej generacji struktur porowatych uzyskano zaplanowane efekty w wymianie ciepła. Stwierdzono znaczną poprawę wymiany ciepła. Najlepsze efekty osiągnięto na próbce wykonanej metodą spiekania proszków miedzi i tlenku miedzi w atmosferze wodoru, dla której osiągnięto ponad 11-krotny wzrost współczynnika przejmowania ciepła. Uzyskany efekt jest wynikiem działań grupy specjalistów z zakresu metaloznawstwa i wymiany ciepła w dążeniu do wytworzenia mikrostruktury rozwiniętej, cechującej się znacznym rozwinięciem powierzchni oraz zwiększeniem miejsc mogących być ośrodkami nukleacji. Nie bez znaczenia jest fakt iż struktury tworzone są metodami metalurgii proszków – doskonale opanowanymi i rozpowszechnionymi w przemyśle. Fakt ten wpływa na ekonomiczny aspekt wytwarzania tego typu powierzchni wymiany ciepła.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Thome J.R., Enhanced Boiling Heat Transfer, Hemisphere, 1990.
- [2] Poniewski M.E., Wójcik T.M., Experimental Investigation of Boiling Heat Transfer Hysteresis on Metal Fibrous Porous Coverings, Archives of Thermodynamics, 1999, Vol 20, No. 1-2, 93-118.
- [3] Wójcik T.M., Intensyfikacja wymiany ciepła dla wrzenia, Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 2006, Nr 3, rok 45 (37), 3-9.
- [4] Chatys R., Depczyński W., Żórawski W.: „Sposób wytwarzania struktur porowatych”, Patent RP nr 199720