

ANETA SZEWCZYK-NYKIEL*

WPŁYW DODATKU MANGANU NA STRUKTURĘ
I WŁAŚCIWOŚCI SPIEKÓW Fe-Cr-MoTHE EFFECT OF MANGANESE ADDITION
ON STRUCTURE AND PROPERTIES
OF Fe-Cr-Mo SINTERED MATERIALS

Streszczenie

W artykule przedstawiono strukturę, właściwości fizyczne i mechaniczne spieków Astaloy CrM i Astaloy CrL z dodatkiem 4% Mn. Mangan wprowadzono w postaci żelazomanganu. Dodatek 4% Mn poprawia gęstość i twardość badanych spieków. Wyniki badań wskazują, że struktura i właściwości spiekanych materiałów Fe-Cr-Mo-Mn zależą od temperatury spiekania.

Słowa kluczowe: spiekane stale manganowe, proszki stopowe Astaloy CrM i Astaloy CrL

Abstract

This paper presents the microstructure, physical and mechanical properties of Astaloy CrM and Astaloy CrL with a content of 4% Mn. Ferromanganese powder was used. The addition of 4% of Mn improves density, hardness of sintered materials. The data indicate that microstructure and properties of sintered materials in Fe-Cr-Mo-Mn system are affected by the isothermal sintering temperature.

Keywords: sintered manganese steels, pre-alloyed powder Astaloy CrM, Astaloy CrL

* Dr inż. Aneta Szewczyk-Nykiel, Instytut Inżynierii Materiałowej, Wydział Mechaniczny, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Postęp technologiczny na świecie stawia przed produkowanymi częściami maszyn i urządzeń oraz elementami konstrukcyjnymi coraz wyższe wymagania zarówno w zakresie właściwości użytkowych, jak i ich jakości. Względy ekonomiczne, a także w coraz większym stopniu wymogi ekologiczne powodują, że poszukuje się coraz to nowych rozwiązań technologicznych, których wdrożenie przyczyni się do zmniejszenia jednostkowych kosztów wytwarzania przy jednoczesnym zapewnieniu odpowiedniej jakości powstałych części i narzędzi.

Wytwarzane za pomocą technologii metalurgii proszków materiały spiekane uzyskują odpowiednie właściwości dzięki kombinacji takich czynników, jak: warunki wytwarzania, główne parametry czasowo-temperaturowe procesu spiekania, właściwości materiałów wyjściowych i zastosowanych dodatków stopowych, a także obróbki cieplnej [1]. Dynamicznie rozwijający się przemysł motoryzacyjny oraz możliwość wykorzystywania wyrobów spiekanych w tych gałęziach przemysłu, w których do niedawna zainteresowanie nimi było niewielkie, spowodowały, że od materiałów tych wymaga się lepszych właściwości mechanicznych, większej odporności na zużycie ścierne oraz odporności na korozję w zróżnicowanych warunkach pracy [2]. W celu poprawy właściwości eksploatacyjnych materiałów spiekanych wprowadza się powszechnie stosowane w stalach litych dodatki stopowe do mieszanki proszków. Poddaje się je również procesom obróbki cieplnej i cieplno-chemicznej [1]. Intensywny rozwój nowoczesnych metod wytwarzania proszków stopowych na drodze rozpylania doprowadził do powstania nowych gatunków proszków – Astaloy Mo, Astaloy CrM, a następnie Astaloy CrL produkowanych przez Höganäs, co stworzyło nowe możliwości wykorzystania tych proszków do określonych zastosowań.

Mangan jako dodatek stopowy korzystnie wpływa na własności stali, podnosi wytrzymałość mechaniczną, twardość, a także zwiększa hartowność stali. To w połączeniu z niską ceną, dostępnością i nietoksycznością daje szerokie możliwości zastosowania manganu jako dodatku stopowego w stalach konstrukcyjnych wytwarzanych technologią metalurgii proszków [3–10]. Wprowadzenie manganu w postaci proszku elementarnego do mieszanki proszków powoduje powstanie trudności podczas spiekania wyprasek ze względu na wysokie powinowactwo manganu do tlenu, wysoką prężność par w temperaturze spiekania oraz wysoką termodynamiczną stabilność utworzonych tlenków. Dlatego mangan wprowadza się głównie w postaci żelazomanganu. To rozwiązanie pozwala zapobiec procesowi utleniania, prowadzi do jednorodnego rozmieszczenia manganu, a także obniża koszty produkcji, ponieważ proszki żelazomanganu są tańsze niż elementarne proszki manganu. Powoduje jednak pogorszenie się prasowalności mieszanek proszków [3–6].

Celem badań jest wyjaśnienie wpływu dodatku manganu w ilości 4% wag. na kształtowanie się mikrostruktury oraz własności fizycznych i mechanicznych spieków Astaloy CrM i Astaloy CrL.

2. Materiał do badań

Do badań wykorzystano rozpylane wodą wstępnie stopowane proszki Astaloy CrM (Fe–3%Cr–0,5%Mo) i Astaloy CrL (Fe–1,5%Cr–0,2%Mo) firmy Höganäs. Proszki te wykorzystano do przygotowania mieszanek zawierających 4% wag. manganu. Mangan

wprowadzono w postaci żelazomanganu o składzie: 80,4% Mn, 1,14% Si, 1,36% C, 0,15% P, 0,001% S oraz Fe – do 100%. W celu dokonania oceny wpływu dodatku manganu do badań zastosowano również czyste proszki Astaloy CrM i Astaloy CrL. Z powyższych mieszanek wykonano próbki walcowe o wymiarach 20×5 mm przeznaczone do badań gęstości, porowatości, twardości i oceny struktury. Proces mieszania przeprowadzono w obrotowym mieszalniku w ciągu 30 min. Proces prasowania zrealizowano metodą jednostronnego prasowania przy ciśnieniu 600 MPa. Do smarowania ścianek matrycy zastosowano stearynian cynku. Proces spiekania odbył się w rurowym piecu sylitowym w dwóch temperaturach, 1150°C i 1250°C, w atmosferze osuszonego i oczyszczonego wodoru. Czas spiekania próbek wynosił 30 min. Zastosowano wolne nagrzewanie do temperatury izotermicznego spiekania z szybkością 10 C/min. Po izotermicznym spiekaniu próbki chłodzono razem z piecem.

3. Metodyka badań

Badanie gęstości oraz ocenę stopnia porowatości przeprowadzono metodą ważenia w powietrzu i w wodzie, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 2738:2001.

Badania strukturalne spieków przeprowadzono na mikroskopie optycznym firmy Nikon Eclipse ME 600P z cyfrowym zapisem obrazu. Do badań tych zostały przygotowane zglądy poprzeczne, wykonane w płaszczyźnie przechodzącej przez środek próbki i równoległej do kierunku działania siły w czasie prasowania. Zglądy poddano badaniom strukturalnym w stanie nietrawionym, a następnie trawieniu azotalem.

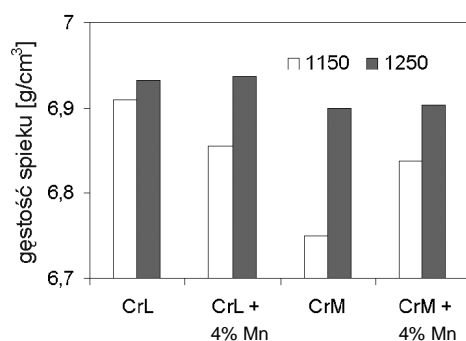
Badania twardości spieków wykonano metodą Rockwella w skali B wg normy EN 24498-1:1993. Pomiary mikrotwardości HV0,01(10s) przeprowadzono na twardościomierzu FM 700 E.

4. Wyniki badań

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki badań gęstości spieków Astaloy CrL i Astaloy CrM bez dodatku manganu i modyfikowanych manganem w ilości 4% wag. w zależności od zastosowanej temperatury spiekania. U wszystkich badanych spieków wzrost temperatury spiekania przyczynił się do wzrostu gęstości i gęstości względnej. Przy temperaturze spiekania 1250°C wprowadzenie dodatku 4% wag. manganu do składu mieszanek spowodowało wzrost gęstości względnej spieków zarówno dla Astaloy CrL, jak i Astaloy CrM. Natomiast przy niższej temperaturze spiekania wzrost gęstości względnej można zaobserwować jedynie dla spieków Astaloy CrM.

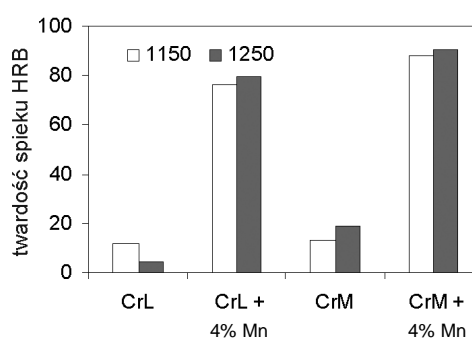
Na rysunku 2 przedstawiono wyniki badań twardości spieków Astaloy CrL i Astaloy CrM modyfikowanych manganem w ilości 4% wag. oraz bez dodatku manganu w zależności od zastosowanej temperatury spiekania. W spiekach Astaloy CrM i Astaloy CrL z dodatkiem manganu po spiekaniu w obydwu temperaturach nastąpił wyraźny wzrost twardości w stosunku do spieków bez dodatku manganu. Tak znaczna poprawa twardości badanych spieków spowodowana jest przede wszystkim utwardzeniem osnowy.

W modyfikowanych manganem spiekach Astaloy CrL wzrost gęstości i twardości był mniejszy w porównaniu ze spiekami Astaloy CrM.



Rys. 1. Wpływ temperatury spiekania na gęstość spieków

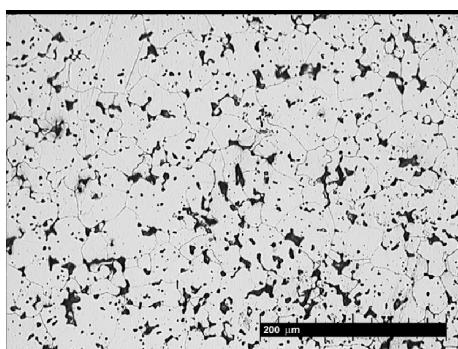
Fig. 1. The influence of sintering temperature on sintered density



Rys. 2. Wpływ temperatury spiekania na twardość spieków

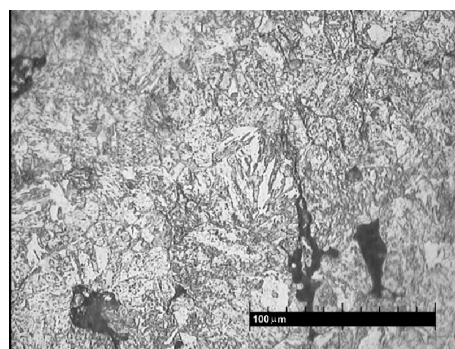
Fig. 2. The influence of sintering temperature on sintered hardness

Na fotografiach 1–4 przedstawiono przykładowe mikrostruktury badanych spieków. Z przeprowadzonych obserwacji mikroskopowych wynika, że zarówno skład chemiczny mieszanki proszków, jak i temperatura spiekania miały wpływ na kształtowanie się struktury materiału spiekane. Struktura czystych spieków Astaloy CrM i Astaloy CrL jest ferrytyczna. Wprowadzenie manganu w ilości 4% wag. do Astaloy CrM i Astaloy CrL wywołuje wyraźną zmianę struktury badanych spieków. W strukturze obok ferrytu pojawiają się znaczne ilości bainitu. Przy czym wzrost temperatury spiekania powoduje, że w strukturze praktycznie nie obserwujemy ferrytu, a jedynie bainit.



Fot. 1. Mikrostruktura spieku Astaloy CrM, temperatura spiekania 1250°C

Photo 1. Microstructure of sintered Astaloy CrM, sintering temperature 1250°C

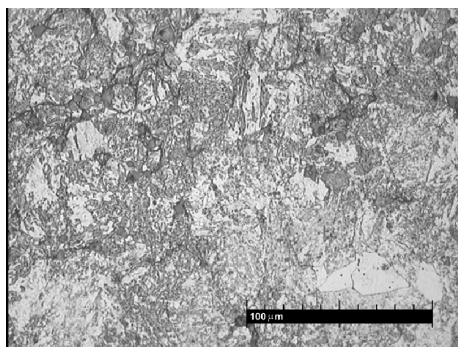


Fot. 2. Mikrostruktura spieku Astaloy CrL + 4% Mn, temperatura spiekania 1150°C

Photo 2. Microstructure of sintered Astaloy CrL + 4% Mn, sintering temperature 1150°C

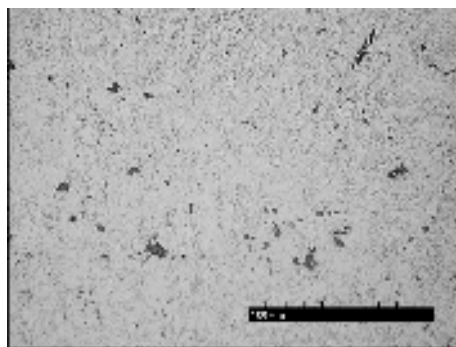
Po spiekanii w temperaturze 1150°C i 1250°C zarówno w spiekach Astaloy CrM, jak i Astaloy CrL z dodatkiem 4% manganu w warstwie powierzchniowej stwierdzono obecność zagęszczonej warstwy (fot. 5). W warstwie tej pory praktycznie nie występują, a obserwuje się jedynie większe ziarno ferrytu oraz kolumnowo ukierunkowane granice

ziaren. Ponadto nie występują w niej wydzielenia manganu (fot. 6), co świadczy o przypowierzchniowym odparowaniu manganu. Mikrotwardość w tej warstwie odpowiada mikrotwardości ferrytu w czystych spiekach Astaloy CrM i Astaloy CrL.



Fot. 3. Mikrostruktura spieku Astaloy CrM + 4% Mn, temperatura spiekania 1150°C

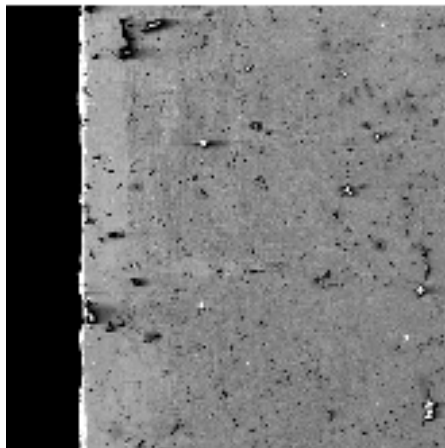
Photo 3. Microstructure of sintered Astaloy CrM + 4% Mn, sintering temperature 1150°C



Fot. 4. Mikrostruktura spieku Astaloy CrM + 4% Mn, temperatura spiekania 1250°C

Photo 4. Microstructure of sintered Astaloy CrM + 4% Mn, sintering temperature 1250°C

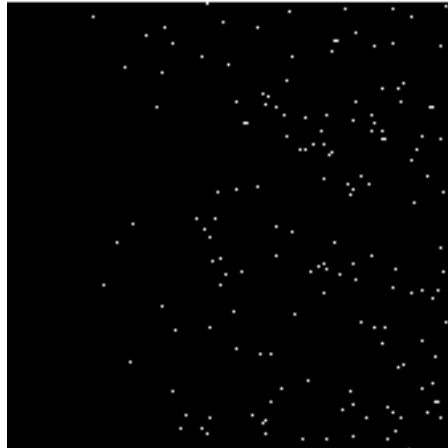
SEM



Fot. 5. Mikrostruktura SEM spieku Astaloy CrM + 4% Mn, temperatura spiekania 1250°C

Photo 5. SEM microstructure of sintered Astaloy CrM + 4% Mn, sintering temp. 1250°C

Mn



Fot. 6. Mapa rozkładu Mn w spieku Astaloy CrM + 4% Mn, temperatura spiekania 1250°C

Photo 6. EDX Mapping of Mn in sintered Astaloy CrM + 4% Mn, sintering temp. 1250°C

5. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że modyfikacja składu chemicznego Astaloy CrM i Astaloy CrL manganem w ilości 4% wag. umożliwiła uzyskanie struktury bainitycznej bezpośrednio z temperatury spiekania 1250°C. Zastosowanie wyższej temperatury spiekania oraz wprowadzenie 4% manganu do Astaloy CrM i Astaloy CrL przyczyniło się do wzrostu gęstości spieków i utwardzenia osnowy, a przez to do znacznego wzrostu twardości spieków.

Literatura

- [1] *Projektowanie kształtu i właściwości mechanicznych proszków z żelaza i stali*, Poradnik metalurgii proszków Höganäs AB, 1997.
- [2] Ashby M.F., *Materials Selection in Mechanical Design*, Pergamon Press, Oxford, UK 1992.
- [3] Igras Ł., Klamka P., Sułowski M., *Spiekane konstrukcyjne stale manganowo-chromowo-molibdenowe*, Rudy i Metale 7, t. 50, 2005, 402-410.
- [4] Danninger H., Pötttschacher R., Bradac S., Salak A., Seyrkammer J., *Comparison of Mn, Cr and Mo alloyed sintered steels prepared from elemental powders*, Powder Metallurgy, No. 1, Vol. 48, 2005, 23-32.
- [5] Sechel N., Orban R.L., *On the properties of prealloyed Fe-Mn-C water atomised powders*, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, Vol. 4, Nicea 2001, 166-171.
- [6] Sechel N., Orban R.L., *Ferro-manganese using as master alloy in the manganese structural sintered steels*, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, Vol. 3, 2004, 271-276.
- [7] Pieczonka T., Mitchell S.C., Stoytchev M., Kowalczyk M., *Liquid phase of Fe-3%Cr-1%Mn-0,5%Mo high karbon steels*, Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, Orlando 2002, 14-28.
- [8] Pieczonka T., Mitchell S.C., Stoytchev M., *Microstructure and dimensional changes during sintering of ASC 100.29 and NC 100.24 Höganäs grade powders with manganese and molybdenum additions*, Metallurgy World Congress & Exhibition, Vol. 4, Nicea 2001, 316-321.
- [9] Dudrova E., Kabatova M., Bidulsky R., Wronsky A.S., *Industrial processing, microstructures and mechanical properties of Fe-(2-4)Mn-0,85Mo-(0,3-0,7)C sintered steels*, Powder Metallurgy, No. 2, Vol. 47, 2004, 181-190.
- [10] Cias A., *Development and Properties of Fe-Mn-(Mo)-(Cr)-C Sintered Structural Steels*, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 2004.