

Wpływ Ni, Mo, Si, Ti na jakość powierzchniowej warstwy stopowej

A. Walasek*, C. Baron, J. Szajnar

Politechnika Śląska, Katedra Odlewnictwa,
ul. Towarowa 7, 44-100 Gliwice, Polska

*Kontakt korespondencyjny: e-mail: agnieszka.walasek@polsl.pl

Otrzymano 29.08.2011; zaakceptowano do druku 31.08.2011

Streszczenie

Praca przedstawia wyniki badań mikrostruktury oraz wybranych własności mechanicznych warstwy stopowej. Celem badań było określenie wpływu Ni, Mo, Si i Ti dodanych oddzielnie do żelazochromu wysokowęglowego, z których wykonano wkładkę stopową na własności warstwy wytworzonej na odlewie staliwnym. Badania struktury prowadzono na mikroskopie świetlnym. W ramach badań własności użytkowych określono twardość, mikrotwardość oraz odporność na zużycie ściernie typu metal-minerał wytworzonej warstwy stopowej. Dążono do uzyskania jak najwyższych własności oraz największej grubości warstwy stopowej, która byłaby pozbawiona wad i nieciągłości. Przeprowadzone badania umożliwiły dobór dodatku stopowego do materiału wkładki co wpłynęło na poprawienie jakości otrzymywanych powierzchniowych warstw stopowych.

Słowa kluczowe: Powierzchniowa warstwa stopowa, Odlew staliwny, Żelazochrom

1. Wprowadzenie

Nowoczesny przemysł maszynowy potrzebuje coraz to więcej odlewów o specjalnych własnościach, mowa tu głównie o polepszeniu odporności na zużycie ściernie w strefie powierzchniowej odlewu, a także poprawieniu odporności na korozję i podwyższoną temperaturę. Jest to potrzebne gdyż podczas eksploatacji maszyn i urządzeń, w różnych dziedzinach przemysłu, bardzo często obserwuje się proces zbyt szybkiego zużywania się materiałów, z których są one wykonane. Jest to więc powodem zainteresowania powierzchniowymi warstwami stopowymi, które są wytwarzane metodą odlewniczą [1-6].

Odlewy warstwowe tworzą taką grupę odlewów, gdzie z dwóch różnych stopów odlewniczych, zazwyczaj o bardzo różnych własnościach, powstaje jeden element (odlew). Bardzo często w procesach, które mają spowodować podniesienie własności mechanicznych gotowego odlewu, bardzo trudno jest osiągnąć wymagane własności w całej jego objętości. Jeżeli istnieje już szansa zajęcia tego procesu potrzebny jest duży nakład

środków finansowych, przez co staje się on mało opłacalny. Dlatego też podczas produkcji nowych elementów mogą być one wykonane z tańszych materiałów, a nałożona warstwa powierzchniowa może występować w wybranych obszarach, najbardziej narażonych na zużycie. Technologia wytwarzania warstw stopowych na odlewach staliwnych polega na zalewaniu wnęki formy odlewniczej pokrytej materiałem stopowym zamocowanym w odpowiednim miejscu. Jako dodatek stopowy do tych warstw można stosować metale, stopy metali jak również twarde związki metali. Wybierając bazowy materiał stopowy trzeba pamiętać, że skład chemiczny nowo powstałej warstwy stopowej będzie różna pod względem składu jeżeli chodzi o materiał wejściowy [6].

Proces powstawania warstwy powierzchniowej jest zależny od wielu czynników fizycznych i chemicznych. Uzyskane własności zależą przede wszystkim od warunków stygnięcia oraz od reakcji na powierzchni metal/wkładka. Na jakość powstałej warstwy ma również wpływ składników stopowych, z których wykonano wkładkę. Do wytworzenia warstw stopowych

najczęściej używane są żelazostopy. W celu doboru odpowiedniego składu chemicznego wkładki dodaje się do nich pierwiastki stopowe, które wywierają wpływ na właściwości powstałych warstw. W tabeli 1 przedstawiono przykładowo wpływ poszczególnych pierwiastków na własności stali i stopów żelaza.

Tabela 1.

Wpływ pierwiastków stopowych na własności stali i stopów żelaza [7, 8]

Table 1.

The influence of alloying elements on the properties of steel and ferrous alloy [7,8]

Własność	Pierwiastek stopowy					
	Si	Mo	Ni ^{a)}	Ni ^{b)}	Cr	Ti
Twardość	↑	↑	↓↓	↑	↑↑	↑↑↑
Wytrzymałość	↑	↑	↑	↑	↑↑	↑↑
Granica plastyczności	↑↑	↑	↓	↑	↑↑	~
Wydłużenie	↓	↓	↑↑↑	~	↓	~
Przewężenie	~	↓	↑↑	~	↓	~
Udarowość	↓	↑	↑↑↑	~	↑	~
Sprężystość	↑↑↑	-	-	-	↑	~
Żarowytrzymałość	↑	↑↑	↑↑↑	↑	↑	↑↑
Węglotwórczość	↓	↑↑↑	-	-	↑↑	↑↑↑↑
Odporność na zużycie	↓↓↓	↑↑	-	↓↓	↑	↑↑
Skrawalność	↓	↓	↓↓↓	↓	-	~
Odporność na korozję	↓	-	↑↑	-	↑↑↑	↑↑
Podatność na obróbkę plastyczną	↓	↓	↓↓↓	↓	↓	↓↓

↑ zwiększenie; ↓ zmniejszenie, ~ wpływ niemal stały; - wpływ nieznan lub jest charakterystyczny; ^{a)} w stalach perlitycznych; ^{b)} w stalach austenitycznych

2. Cel badań

Celem badań było określenie wpływu Ni, Mo, Si oraz Ti dodanych do wkładki stopowej wykonanej z ziarnistego żelazochromu wysokowęglowego na własności użytkowe (twardość, mikrotwardość, odporność na zużycie ścierne) powstałych powierzchniowych warstw na odlewie stalowym. Odlew taki uzyskano w procesie zalewania formy ciekłym metalem wraz z umieszczoną na wybranej wewnętrznej części wkładką stopową. Celem badań było również uzyskanie jak najlepszej jakości połączenia dwóch materiałów oraz otrzymanie warstwy pozbawionej wad i nieciągłości.

3. Badania

W ramach badań wykonano odlewy ze staliwa niestopowego. Materiałem służącym do formowania wkładki był ziarnisty żelazochrom wysokowęglowy FeCr800 (Tabela 2). Celem modyfikacji procesu tworzenia się warstwy i wpływu na jej powstawanie wprowadzono do żelazochromu odpowiednio do kolejnych wkładek 10% Ni, 10% Mo, 10% Si oraz 10% Ti.

Tabela 2.

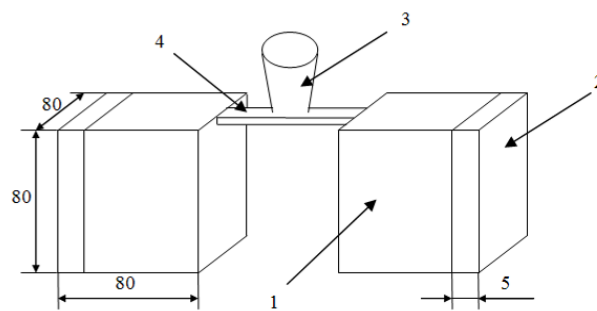
Skład chemiczny żelazochromu

Table 2.

Chemical constitution of ferrochromium

Material	Cr%	Fe%	C%	Si%	P%	S%
FeCr800	62,53	28,75	7,92	0,75	0,026	0,02

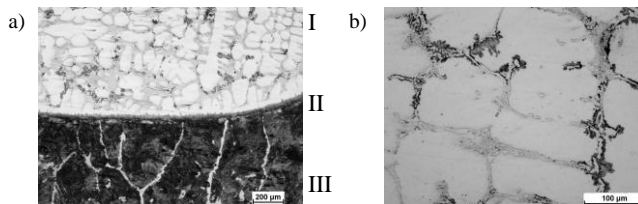
W ramach badań wykonano serię odlewów próbnych w kształcie prostopadłościanów wraz z umieszczoną na jednej z powierzchni wewnętrznej formy wkładką stopową. Temperatura zalewania wynosiła 1600°C. Kształt odlewu został przedstawiony na rysunku 1.



Rys. 1. Kształt oraz wymiary odlewu: 1-odlew, 2-wkładka stopowa, 3-wlew główny, 4-wlew doprowadzający

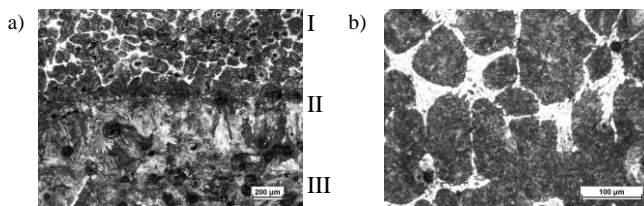
Fig. 1. The shape and the size of the cast: 1-cast, 2-alloy pad, 3-downspue, 4-running gate

Dokonano obserwacji struktury w charakterystycznych miejscach, uzyskanych warstw stopowych (rys. 2 - 5).



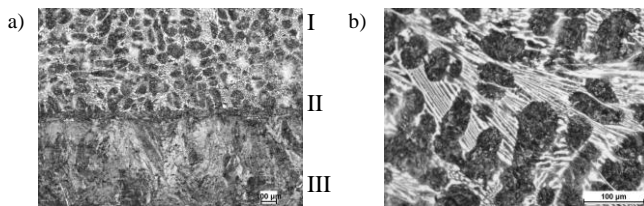
Rys. 2. Mikrostruktura powierzchni odlewu – dodatek 10% Ni; a) strefa przejściowa pomiędzy warstwą a staliwem – pow. 50x; b) warstwa – pow. 200x; I – warstwa, II- strefa przejściowa między warstwą stopową a staliwem, III-staliwo; struktura ferrytyczno-perlityczna

Fig. 2. The microstructure of surface of the cast – with 10% Ni; a) cast steel – alloy layer transition zone – magnification x 50; b) alloy layer – magnification x 200; I – alloy layer, II – cast steel – alloy layer transition zone, III – cast steel; the ferritic – pearlite structure



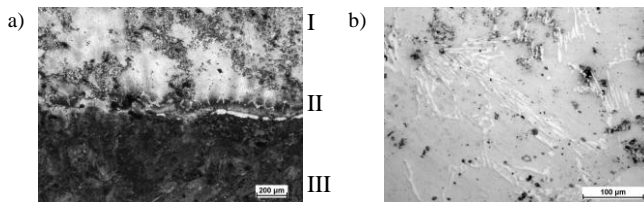
Rys. 3. Mikrostruktura powierzchni odlewu – dodatek 10% Mo; a) strefa przejściowa pomiędzy warstwą a staliwem – pow. 50x; b) warstwa – pow. 200x; I – warstwa, II- strefa przejściowa między warstwą stopową a staliwem, III-staliwo; struktura ferrytyczno-perlityczna

Fig. 3. The microstructure of surface of the cast – with 10% Mo; a) cast steel – alloy layer transition zone – magnification x 50; b) alloy layer – magnification x 200; I – alloy layer, II – cast steel – alloy layer transition zone, III – cast steel; the ferritic – pearlite structure



Rys. 4. Mikrostruktura powierzchni odlewu – dodatek 10% Si; a) strefa przejściowa pomiędzy warstwą a staliwem – pow. 50x; b) warstwa – pow. 200x; I – warstwa, II- strefa przejściowa między warstwą stopową a staliwem, III-staliwo; struktura perlityczna

Fig. 4. The microstructure of surface of the cast – with 10% Si; a) cast steel – alloy layer transition zone – magnification x 50; b) alloy layer – magnification x 200; I – alloy layer, II – cast steel – alloy layer transition zone, III – cast steel; the pearlite structure



Rys. 5. Mikrostruktura powierzchni odlewu – dodatek 10% Ti; a) strefa przejściowa pomiędzy warstwą a staliwem – pow. 50x; b) warstwa – pow. 200x; I – warstwa, II- strefa przejściowa między warstwą stopową a staliwem, III-staliwo; struktura perlityczna

Fig. 5. The microstructure of surface of the cast – with 10% Ti; a) cast steel – alloy layer transition zone – magnification x 50; b) alloy layer – magnification x 200; I – alloy layer, II – cast steel – alloy layer transition zone, III – cast steel; the pearlite structure

W ramach badań dokonano również pomiaru grubości powstałej powierzchniowej warstwy stopowej oraz pomiaru twardości i mikrotwardości warstwy (otrzymane średnie wyniki przedstawiono w tablicy 3). Natomiast średnia twardość staliwa wynosi 30,7 HRC.

Na rysunkach 6 i 7 zostały przedstawione rozkłady grubości warstwy na przekroju odlewu. Natomiast na rysunku 8 i 9 została przedstawiona graficzna ilustracja rozkładu odpowiednio mikrotwardości i twardości wzdłuż warstwy i staliwa.

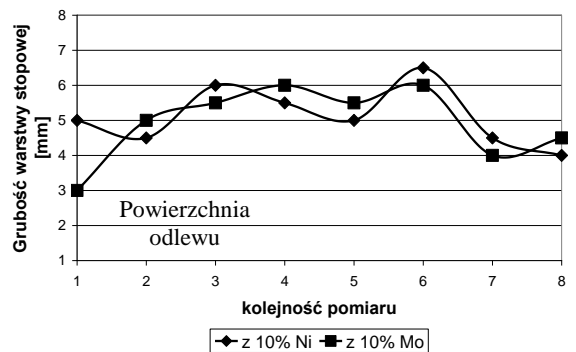
Tabela 3.

Pomiar grubości, twardości i mikrotwardości warstwy stopowej w zależności od materiału wkładki

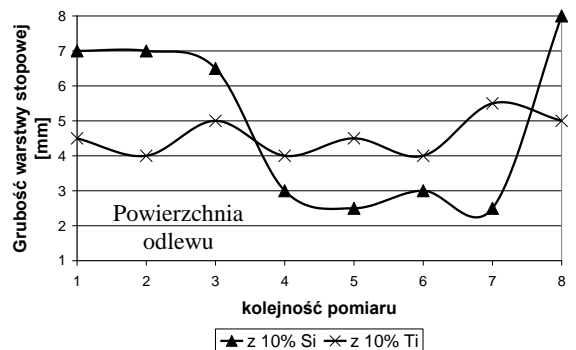
Table 3.

The measurement of the alloy layer thickness, hardness and microhardness depending on material pad

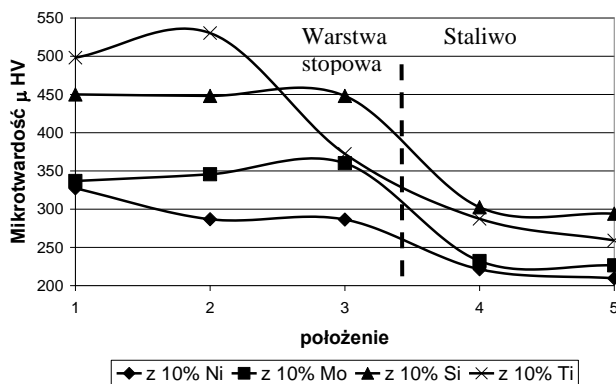
Badany materiał	Średnia grubość warstwy, mm	Średnia mikrotwardość warstwy, μ HV	Średnia twardość warstwy, HRC
FeCrC + dodatek Ni 10%	5,1	327,28	38,6
FeCrC + dodatek Mo 10%	4,9	360,06	41,3
FeCrC + dodatek Si 10%	4,9	450,02	45,6
FeCrC + dodatek Ti 10%	4,6	530,34	53



Rys. 6. Grubość warstwy stopowej na przekroju odlewu dla zastosowanej wkładki FeCrC z niklem i FeCrC z molibdenem
Fig. 6. The alloy layer thickness on the cast section for use of FeCrC with Ni and FeCrC with Mo pads

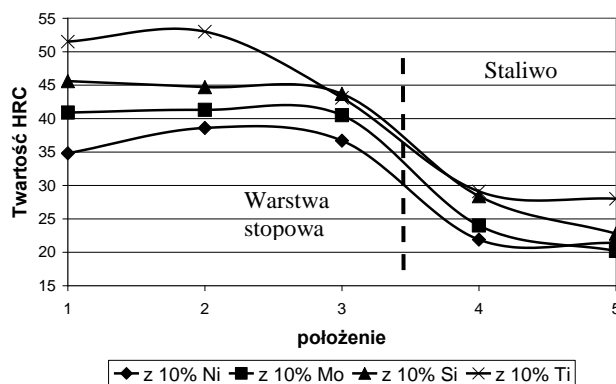


Rys. 7. Grubość warstwy stopowej na przekroju odlewu dla zastosowanej wkładki FeCrC z krzemem i FeCrC z tytanem
Fig. 7. The alloy layer thickness on the cast section for use of FeCrC with Si and FeCrC with Ti pads



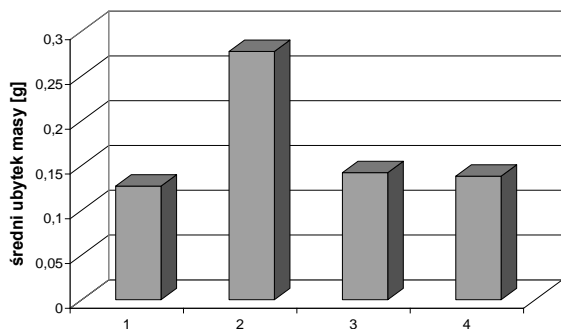
Rys. 8. Rozkład mikrotwardości przedstawiający średnie wartości poszczególnych wyników pomiarów w staliwie i warstwie stopowej

Fig. 8. The distribution of microhardness for cast steel and alloy layer (average values of individual measurements)



Rys. 9. Rozkład twardości przedstawiający średnie wartości poszczególnych pomiarów w staliwie i warstwie stopowej

Fig. 9. The distribution of the hardness for cast steel and alloy layer (average values of individual measurements)



Rys. 10. Średni ubytek masy dla poszczególnych warstw: 1 - FeCrC z 10% Ni, 2 - FeCrC z 10% Mo, 3 - FeCrC z 10% Si, 4 - FeCrC z 10% Ti

Fig. 10. The average mass decrement for individual pads: 1 - FeCrC with 10% Ni, 2 - FeCrC with 10% Mo, 3 - FeCrC with 10% Si, 4 - FeCrC with 10% Ti

Badania obejmowały również pomiar odporności na zużycie ścierne otrzymanych warstw stopowych (tabela 4) przeprowadzono je zgodnie z wytycznymi normy ASTM (G65-00). Wynikiem odporności na zużycie jest średni ubytek masy uzyskany podczas kolejnych prób.

Graficzną interpretację wyników z tabeli 3 przedstawiono na rysunku 10.

Tabela 4.

Uzyskane dane podczas badania odporności na zużycie ścierne zgodnie z normą ASTM (G65-00)

Table 4.

Data obtained from the abrasion resistance testing (according to ASTM (G65-00))

Badany materiał	Masa przed badaniem, g	Masa po badaniu, g	Ubytek masy g	Średni ubytek masy g
FeCrC + dodatek Ni 10%	244,8258	244,7024	0,1234	0,1269
FeCrC + dodatek Mo 10%	238,5083	238,3928	0,1155	0,2773
FeCrC + dodatek Si 10%	235,8958	235,7540	0,1418	
FeCrC + dodatek Ti 10%	243,1052	242,7840	0,3212	
FeCrC + dodatek Ni 10%	203,0212	202,7548	0,2664	0,2773
FeCrC + dodatek Mo 10%	196,2525	196,0080	0,2445	
FeCrC + dodatek Si 10%	256,3130	256,1848	0,1282	0,1419
FeCrC + dodatek Ti 10%	253,2176	253,0482	0,1694	
FeCrC + dodatek Ni 10%	250,8962	250,7464	0,1498	
FeCrC + dodatek Mo 10%	239,4665	239,2931	0,1734	0,1379
FeCrC + dodatek Si 10%	237,6563	237,5263	0,1300	
FeCrC + dodatek Ti 10%	236,7966	236,6863	0,1103	

4. Podsumowanie

Otrzymane wyniki są efektem badań wstępnych mających na celu wskazanie, który z wprowadzonych dodatków (Ni, Mo, Si, Ti) będzie miał największy wpływ na jakość powierzchniowej warstwy stopowej.

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- największą grubość warstwy otrzymano stosując dodatek Ni do żelazochromu. Jednakże średnia różnica średniej grubości między wszystkimi uzyskanymi warstwami była niewielka i wynosiła 0,3 mm,
- najbardziej równomierną grubości warstwy na całym przekroju uzyskano przy zastosowaniu wkładek z dodatkiem Ti. Jednakże w tym przypadku powstała warstwa posiadała najmniejszą grubość przy jednocześnie najwyższej twardości,
- warstwy nie wykazały w żadnym przypadku obecności pęknięć i porów,
- najmniejszą odporność na zużycie ścierne wykazuje warstwa powstała z połączenia FeCrC i Mo,
- warstwa stopowa powstała z połączenia FeCrC i krzemu wykazuje najkorzystniejszy jednorodny rozkład mikrotwardości na całym przekroju.

W celu uzyskania dokładniejszych wyników są prowadzone dalsze badania.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy.

Literatura

- [1] C. Baron, J. Szajnar: The determination of the thickness of composite layer, Archives of Materials Science and Engineering, Vol.30, Issue 1 (2008), 45-48.
- [2] J. Szajnar, D. Bartocha, C. Baron, A. Walasek: The attempt of determination of parameters for the alloy layer forming process based on the empirical examination Archives of Foundry Engineering, Vol.8, Special Issue 3 (2008), 139-143.
- [3] J. Szajnar, C. Baron, A. Walasek: The thickness of surface composite layers in a stochastic expressions, Quality of materials and products - Monography, Saint – Petersburg (2008), 51-58.
- [4] J. Szajnar, C. Baron, A. Walasek: The influence of the temperature and heating time of ferrochromium premould on surface composite layer forming process, Effectiveness of the machines maintenance and processes, Novosibirsk (2009), 79-88.
- [5] A. Walasek, C. Baron, D. Bartocha, J. Szajnar: The analysis of solidification process of high carbon FeCr in the aspect of the alloy layer forming process, International PhD Foundry Conference, (2009), 2-8.
- [6] J. Szajnar, D. Bartocha, C. Baron A. Walasek: Influence of insert granularity and pouring temperature on the thickness of surface alloy layer, Archives of Foundry Engineering, Vol. 11, Issue 1 (2011), 99-104.
- [7] L.A. Dobrzański: Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe. Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [8] G. Kniagin: Staliwo. Metalurgia i odlewnictwo, Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1977.

The influence of Ni, Mo, Si, Ti on the surface alloy layer quality

Abstract

The paper presents research results of microstructure and selected mechanical properties of alloy layer. The aim of the researches was to determine the influence of Ni, Mo, Si and Ti with high-carbon ferrochromium (added separately to pad) on the alloy layer on the steel cast. Metallographic studies were made with use of light microscopy. During studies of usable properties measurements of hardness, microhardness and abrasive wear resistance of type metal-mineral for creation alloy layer were made. As thick as possible composite layer without any defects and discontinuity was required. The conducted researches allowed to take the suitable alloy addition of the pad material which improved the quality of the surface alloy layer.