50/44

Solidification of Metals and Alloys,
Year 2000, Volume 2, Book No. 44
Krzepnięcie Metali i Stopów,
Rok 2000, Rocznik 2, Nr 44
PAN – Katowice PL ISSN 0208-9386

KOMPOZYTOWE WARSTWY STOPOWE C – Cr – Mn NA ODLEWACH STALIWNYCH

J. GAWROŃSKI[1], Z. IGNASZAK[2], P. WRÓBEL[3]
[1, 3] Katedra Odlewnictwa
Wydziału Mechanicznego Technologicznego Politechniki Śląskiej
[2] Instytut Technologii Materiałów Politechniki Poznańskiej

STRESZCZENIE

Odlewy staliwne pracujące w trudnych warunkach eksploatacyjnych wymagają wysokich własności eksploatacyjnych (R_m, R_e, HB) przy jednocześnie wysokiej odporności na zużycie pracujących powierzchni. Jednoczesne uzyskanie wysokich własności plastycznych, twardości i odporności na zużycie w ramach jednego odlewu jest trudne lub wręcz niemożliwe. Opracowana technologia otrzymywania kompozytowych warstw stopowych o wysokiej odporności na zużycie na odlewach jest przedmiotem niniejszego artykułu.

1. WPROWADZENIE

W obecnym czasie, gdy przemysł maszynowy wykazuje duże zapotrzebowanie na odlewy o specjalnych własnościach takich jak: żaroodporność czy trudnościeralność, bardzo ważnym czynnikiem w doborze materiału są jego własności jak i koszty wytwarzania. Własności jakie są stawiane odlewom to jeden z najważniejszych elementów decydujących o ekonomiczności wykonania elementu. Często jednak wymagania dotyczące własności są stawiane tylko warstwie powierzchniowej odlewów i wtedy rozrzutnością byłoby odlewanie całego elementu wraz z drogimi dodatkami stopowymi jak np. Ni, Cr, Mo, V, Ti. Odlewane części maszyn narażone na trudne warunki eksploatacyjne, gdzie środowisko pracy ma wpływ na szybkie ich zużywanie się, muszą charakteryzować się nie tylko wysoką odpornością na zużycie (suche ścieranie) ale odpowiednimi własnościami mechanicznymi (twardość, udarność,

[1] *Prof. dr inż. e-mail: sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl*
[2] *Dr hab. inż., prof. nadzw. Politechniki Poznańskiej e-mail: Zenon.IGNASZAK@put.poznan.pl*
[3] *Mgr inż. e-mail: sekrmt3@zeus.polsl.gliwice.pl*

wytrzymałość na rozciąganie, plastyczność). W ramach jednego odlewu wykonywanego w całej objętości ze staliwa np. stopowego z reguły trudno zapewnić wszystkie wymagane własności. Stąd uzasadnionym jest wykonanie na odlewach kompozytowych warstw stopowych o specjalnych własnościach. Kompozytowe, powierzchniowe warstwy stopowe uzyskuje się bezpośrednio w procesie odlewania staliwa.

Dzięki nowej technologii otrzymywania stopowych warstw kompozytowych, możemy uzyskiwać szeroki zakres pożądanych właściwości w założonych miejscach odlewu takich jak:

- duża twardość, nawet kilka razy większa od twardości odlewu bazowego,
- duża odporność na zużycie, wielokrotnie wyższa od zużycia bazowego,
- optymalna grubość stopowej warstwy kompozytowej zależna od warunków pracy i
- grubości ścianki odlewu,
- możliwość uniknięcia dwustopniowej obróbki cieplnej.

2. BADANIA WARUNKÓW OTRZYMYWANIA POWIERZCHNIOWYCH WARSTW KOMPOZYTOWYCH C – Cr – Mn NA ODLEWACH STALIWNYCH.

Od szeregu lat w Katedrze Odlewnictwa są przeprowadzane badania między innymi obejmujące prace związane z technologią otrzymywania kompozytowych warstw stopowych powierzchniowych na odlewach. Jednym z fragmentów tych prac były badania przedstawione w tytule artykułu. Założono w nich szereg warunków technologicznych wytwarzania warstw kompozytowych na odlewach modelowych. Podstawowe założenia to:

- płyty o zmiennej grubości 10 – 40 mm,
- odlewy modelowe wykonane ze staliwa węglowego (L 500),
- zmienna gęstość pokrycia kompozytującego (0,5 – 1,5 g/cm^2) w skład którego wchodziły:
    - rozdrobniony, wysokowęglowy żelazochrom (Fe – Cr – C),
    - rozdrobniony, żelazomangan (Fe – Mn),
    - spoiwo.

Odlewy płyt zostały wykonane w odlewni staliwa, w warunkach formowania i odlewania stosowanych w przemyśle.
Zostały one następnie poddane dwojakiej obróbce cieplnej:

- normalizowaniu w temperaturze 900±10ºC.
- ulepszaniu cieplnemu przez hartowanie w temperaturze 890±10ºC,z chłodzeniem w wodzie i odpuszczaniu w temperaturze 550±10ºC,

3. ZESTAWIENIE WŁASNOŚCI WARSTW KOMPOZYTOWYCH NA STALIWIE.

Badania miały na celu określić własności otrzymanych warstw kompozytowych dla różnych grubości i różnego składu stopu. W badaniach przeprowadzono pomiary twardości, grubości i składu chemicznego stopowych warstw kompozytowych. Oznaczenia jakie zostały przyjęte to:

D – grubość płyty,
d – grubość warstwy kompozytowej,
G – gęstość pokrycia kompozytującego,
σ – odchylenie standardowe,
.

W tabeli 1 zostały przedstawione wyniki badań warstw kompozytowych dla różnych grubości płyt (10 – 40mm) i różnej grubości warstwy stopowej (0,8 – 5,6). Tabela 2 przedstawia średnie wartości własności warstwy kompozytowej na staliwie. Natomiast tabela 3 przedstawia zmiany twardości warstw kompozytowych w stanie surowym oraz w wyniku obróbki cieplnej (normalizowanie i ulepszanie cieplne).

Tabela 1. Twardość w stanie surowym i grubość warstw kompozytowych C – Cr - Mn dla płyty o grubości 10 - 40mm.
Table 1. Hardness as-cast condition and thickness of composite layers C – Cr – Mn (plate 10-40mm)

-Nr próby	D Mm	G g/cm^2	HV 30	$\overline{HV}$ 30	σ (HV)	d mm	$\overline{d}$ mm	σ (d) mm
48	10	0,5	606,602,614 657,639	624	21,1	0,9 0,9 0,9 1,0 1,1 1,0 0,9	1,0	0,072
49	20	1,0	695,622,746 618,602	657	55,0	2,8 2,5 2,8 2,7 3,0 2,7 2,7	2,7	0,140
50	20	1,0	680,680,705 705,700	694	11,6	2,6 2,9 3,0 2,8 3,2 3,0 3,2	2,9	0,200
51	20	1,0	650,645,660 670,670	659	10,2	2,6 2,4 2,2 2,4 2,5 2,3 2,3	2,4	0,124
52	30	1,0	575,517,487 496,493	514	32,3	3,6 3,1 3,0 3,0 3,4 3,6 2,9	3,2	0,276
53	30	1,0	505,502,505 537,527	515	14,1	2,7 3,6 3,6 3,0 2,9 3,5 3,3	3,2	0,340
54	40	1,0	547,537,523 511,527	529	12,3	3,0 3,1 3,3 3,5 3,7 3,6 3,2	3,3	0,244
55	40	1,0	427,429,425 431,422	427	3,12	3,7 3,4 4,0 3,0 4,2 3,9 3,7	3,7	0,370

Tabela 2. Średnie własności warstw kompozytowych C – Cr – Mn na staliwie.
Table 2. Average values of properties of composition layers C – Cr – Mn on steel cast.

D (mm)	G (g/cm^2)	HV 30	$\bar{d}$ (mm)
10	0,5	624	1,0
20	1,0	670	2,7
30	1,0	515	3,2
40	1,0	469	3,5

Zmiany twardości warstw kompozytowych w stanie surowym w wyniku obróbki cieplnej:
normalizowania (N), ulepszania cieplnego (T)

Tabela 3. $(HV\ 30)_{L,\ N,\ T}$ – twardość w stanie surowym, normalizowanym, ulepszonym cieplnie.
Table 3. $(HV\ 30)_{L,N,T}$ - Hardness as:-cast, normalizing, quenching and tempering, condition.

Warstwy kompozytowe	$(HV\ 30)_L$	$(HV\ 30)_N$	$(HV\ 30)_L$	$(HV\ 30)_T$
Cr + Mn	529	877	657	792
	515	751	624	885
	427	754	549	757
	424	745	515	822
			410	578

Badania jakie przeprowadzono na warstwach kompozytowych zostały poszerzone o analizę chemiczną, którą wykonano przy pomocy spektrometru emisyjnego. Powierzchnie kompozytowych warstw poddano obróbce polegającej na szlifowaniu i polerowaniu. Wyniki analizy przedstawiają tabele 4 i 5.

Tablica 4. Analiza chemiczna warstw stopowych
Table 4. Chemical analyze of alloy layers

D (mm)	Cr (%)	C (%)	Mn (%)	HV 30
10	28,03	3,13	0,25	665
	26,70	2,89	0,26	639
	19,39	2,33	0,35	559
20	32,41	3,14	0,21	591
	30,40	3,23	0,27	488
	29,99	3,25	0,36	506
	29,21	3,17	0,33	512
	25,28	2,76	0,04	544
	25,20	2,74	0,10	594
	21,31	2,54	0,21	534
	21,06	2,33	0,53	558

cd. tabeli 4
cont table 4

D (mm)	Cr (%)	C (%)	Mn (%)	HV 30
30	22,62	2,38	0,35	478
	21,36	2,55	0,27	417
	20,78	2,70	0,41	474
	19,04	2,73	0,47	428
	18,53	2,34	0,45	428
40	13,91	2,00	0,30	411
	10,46	1,68	0,66	384
	10,28	1,61	0,50	418
	8,79	1,60	0,05	407
	18,24	2,87	0,37	408
	17,50	2,82	0,40	423
	15,06	1,85	0,40	390
	14,85	2,05	0,38	389
	12,93	1,98	0,34	390
	10,61	1,82	0,61	401
	9,77	2,12	0,66	408

Tablica 5 Analiza chemiczna warstw stopowych
Table 5. Chemical analyze of alloy layers

D (mm)	Cr (%)	C (%)	Mn (%)	HV 30
20	24,22	3,40	2,43	694
	21,51	2,95	1,77	659
	20,99	3,01	1,01	614
	17,74	2,82	1,01	549
30	23,31	2,28	0,72	485
	17,16	2,25	0,79	409
	15,45	2,21	2,02	515
	14,00	2,20	0,67	441
	13,93	2,01	2,62	514
40	17,15	2,77	1,59	529
	17,13	2,86	0,88	424
	15,11	2,52	0,93	427
	11,58	1,94	0,95	410

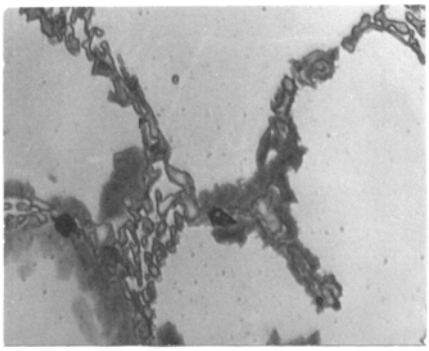
4. BADANIA METALOGRAFICZNE.

Kompozytowe warstwy stopowe wykonane w opracowanych warunkach posiadają mikrostrukturę stopów Fe–Cr–C i Fe–Mn. Z przeprowadzonych badań można zaobserwować, iż w warstwie stopowej uzyskano pod lub nadeutektyczną strukturę. Zdjęcia metalograficzne wykazały iż największą ilość stanowiły struktury podeutektyczne, z eutektyką węglikową rozłożoną na granicach ziaren dendrytów

osnowy (rys.1). Po zakończeniu procesu odlewania w warstwie stopowej otrzymujemy przechłodzony austenit, gdzie tylko w niektórych miejscach jest widoczny rozpad austenitu (rys.2). Dzięki manganowi, który jest wprowadzony wraz z chromem zwiększamy trwałość austenitu w obszarze przemiany perlitycznej. Podczas zwiększania stężania pierwiastków można było zaobserwować uzyskanie struktury nadeutektycznej w warstwach stopowych na staliwie.

Badania metalograficzne wykazały, że obróbka cieplna ma jedynie wpływ na strukturę osnowy metalicznej. Na strukturę badanych warstw stopowych miały zasadniczy wpływ warunki temperaturowe, które w przypadku próbnych odlewów płyt wykonanych przy praktycznie jednakowych parametrach technologicznych, charakteryzuje głównie ich grubość. Przez warunki temperaturowe rozumie się nie tylko temperaturę zalewania, ale również pojemność cieplna odlewów temperaturę początkową formy itp.

Rys. 1 Kompozytowa warstwa stopowa na staliwie. Węgliki eutektyczne na granicach dendrytów austenitu. Powiększenie 100x.
Fig. 1. Composite alloy layer on steel cast. Eutectic carbides on boundary dendrite of austenite are visible. Magn 100x



Rys.2 Węgliki eutektyczne na granicach ziaren osnowy. Widoczne produkty rozpadu austenitu. Powiększenie 500x.
Fig. 2. Eutectic carbides on boundary matrix grains. Products of austenite decomposition are visible. Magn 500x

5. ANALIZA BADAŃ I WNIOSKI.

1. Przeprowadzone badania wykazały, że zmienna grubość ścianki odlewu nie wpływa na rodzaj procesów fizycznych kształtowania kompozytowej warstwy stopowej w odlewie, a zmiana grubości ścianki (10 – 40mm) wpływa jedynie na intensywność procesów stygnięcia.
2. Warunki temperaturowe w formie są konsekwencją masywności odlewu, powodując opóźnienie lub intensyfikację procesów tworzenia kompozytowej warstwy.
3. W grubszych ściankach odlewu występują intensywniej procesy rozpuszczania i dyfuzji, co powoduje zmniejszenie stężenia pierwiastków stopowych, mniejszą twardość w stanie odlanym, zwiększenie grubości warstwy stopowej.
4. Stosowanie warstw kompozytowych typu Cr-Mn-C, pozwala na uzyskanie większej twardości warstwy kompozytowej, a sam proces technologiczny nie jest zbytnio skomplikowany.
5. Zastosowanie obróbki cieplnej (np. normalizowania), pozwala na znaczne zwiększenie twardości warstwy kompozytowej w skutek strukturalnych przemian w osnowie.

LITERATURA

[1] Projekt badawczy KBN realizowany w Katedrze Odlewnictwa Pol. Śl. nr 3 P407 012 07

[2] J. Gawroński, P. Wróbel, J. Szajnar, M. Cholewa: *Powierzchniowe warstwy kompozytowe.* Sem. naukowe „Kompozyty i ich wykorzystanie przemysłowe” Pol. Śl. Katowice, 1996

COMPOSITE ALLOY LAYER C – Cr – Mn ON STEEL CAST CASTING

SUMMARY

Steel casting operating in tough conditions are required to have high mechanical properties (UTS, YP, HB) with simultaneous high wear resistance of working surfaces. Obtaining simultaneously of the high plastic properties, service life and wear resistance within a single casting is difficult or just impossible.

The subject of this paper is the technology developed for obtaining of the alloyed high wear resistance composite layers on castings.

Reviewed by prof. Stanisław Jura