



Węglkowe warstwy wierzchnie odporne na zużycie ścierne

M. Kuźniak^a, K. Matus^b, G. Matula^b

^a Studentka Politechniki Śląskiej, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Studenckie Koło Naukowe Metalurgii Proszków

^b Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych

email: grzegorz.matula@polsl.pl

Streszczenie: W artykule została przedstawiona metoda nanoszenia powłok, które charakteryzują się odpornością na zużycie ścierne na podłożu ze stali do ulepszenia cieplnego. Scharakteryzowano metody wytwarzania warstw powierzchniowych. Wykonano studium literaturowe wymagań stawianych warstwom powierzchniowym. W wykonanych badaniach określono możliwość wykorzystania bezciśnieniowego formowania gęstw polimerowo-proszkowych do otrzymywania warstw wierzchnich odpornych na zużycie ścierne.

Abstract: The article presents a method used to apply wear resistant surface layers on heat-treatable steel. It characterizes methods of manufacturing surface layers. Literature study of the requirements of surface layers has been performed. Laboratory tests determined the possibility of using pressureless forming of polymer-powders slurry for receive wear resistant surface layers.

Słowa kluczowe: metalurgia proszków, formowanie bezciśnieniowe, warstwy wierzchnie, stal do ulepszenia cieplnego

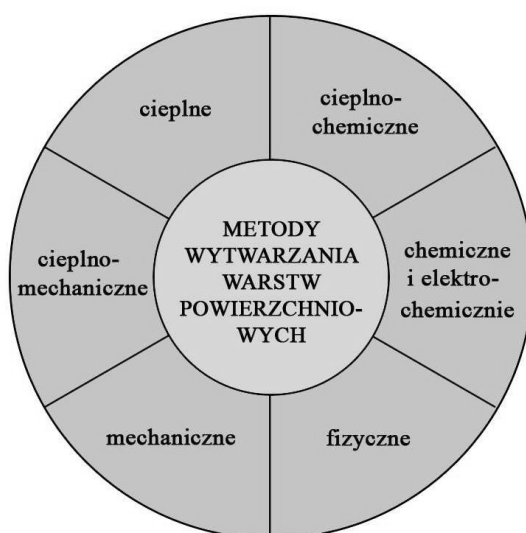
1. WSTĘP

Rosnące wymagania stawiane narzędziom oraz elementom i częściom maszyn spowodowane postępującą cywilizacją i technicznym zmuszają do poszukiwania nowych rozwiązań, które pozwolą nadać materiałom żądane własności, którymi nie charakteryzują się tradycyjne tworzywa konstrukcyjne. Prowadzi to między innymi do wykorzystania istniejących technologii, do rozwoju dziedzin przemysłu, w których do tej pory nie miały wielkiego znaczenia. Należy do nich metalurgia proszków – dziedzina techniki obejmująca technologię wytwarzania i scalania proszków metali, niemetalu, ich związków oraz mieszanin. Wyroby wytwarzane z wykorzystaniem metalurgii proszków mają dobre własności użytkowe i mechaniczne. Jest to technologia korzystna ze względów ekonomicznych, ponieważ umożliwia maksymalizację wykorzystania materiału. Co w stosunku do innych technologii uzasadnia wysokie koszty inwestycyjne, ponadto umożliwia ona na wykonywanie gotowych elementów z możliwością pominięcia kosztownej obróbki skrawaniem. Technologia ta może

zostać wykorzystana do modyfikacji warstwy powierzchniowej materiału poprzez nakładanie specjalnych powłok. Często powierzchnie narzędzi i elementów maszyn narażone są na różne czynniki zewnętrzne powodując ich szybkie zużycie. Dlatego też prowadzone są badania, które pozwalają polepszyć właściwości użytkowe tych materiałów. Jednym ze sposobów wpływających na efektywność oraz trwałość narzędzi jest nanoszenie powłok ochronnych, które zapewniają osłonę powierzchni najbardziej narażonej na działania czynników zewnętrznych. Innym sposobem jest szukanie nowych gatunków materiałów, które mogą okazać się lepsze, w danych warunkach niż dotychczasowo używane. Właściwości użytkowe wielu produktów oraz ich elementów zależą często od struktury i właściwości warstwy powierzchniowej.

1.1. Metody wytwarzania warstw powierzchniowych

Istnieje wiele metod wykorzystywanych do wytwarzania warstw wierzchnich i powłok ochronnych. Podział tych sposobów przedstawiony jest na rysunku 1. Wyróżnia się metody mechaniczne, którymi można jedynie kształtować warstwę wierzchnią, natomiast pozostałymi metodami można wytwarzać zarówno powłoki ochronne, jak i warstwy wierzchnie [1-3].



Rysunek 1. Metody wytwarzania warstw powierzchniowych [4]

Figure 1. Methods for the preparation of surface layers [4]

Metody mechaniczne wykorzystują nacisk lub energię kinetyczną narzędzia albo cząstek, żeby umocnić warstwę wierzchnią w wyniku odkształcenia plastycznego na zimno, czyli otrzymać barierę ochronną na zimnym metalu podłoża.

W metodach cieplno-mechanicznych wykorzystuje się jednocześnie działanie ciepła oraz nacisku w celu otrzymania warstwy wierzchniej.

Metody cieplne wykorzystują zabiegi cieplne pod wpływem których zmienia się struktura metali, a tym samym właściwości mechaniczne, fizyczne a czasem chemiczne. W metodach tych wykorzystywane są zjawiska związane z oddziaływaniem ciepła na materiał w celu zmiany struktury tworzyw metalowych w stanie stałym (hartowanie, odpuszczanie, wyżarzanie), zmiany stanu skupienia, przeprowadzenie ze stanu stałego w stan ciekły i następna szybka krystalizacja tworzywa metalowego pokrywającego lub napawającego (napawanie, natapianie),

przeprowadzenie w stan stały sproszkowanego tworzywa powłokowego (stapianie), czy też osadzanie powłoki ze stanu ciekłego (powlekanie ogniowe, zanurzeniowe).

Metody ciepłno-chemiczne są to zabiegi powodujące zmianę składu chemicznego zewnętrznej warstwy wierzchniej metalu, osiągane wskutek oddziaływania aktywnego środowiska chemicznego oraz temperatury na jego powierzchnię.

W metodach elektrochemicznych i chemicznych, wykorzystuje się do wytwarzania powłoki metalowej lub niemetalowej na powierzchni metalu, a także do wygładzania lub do czyszczenia powierzchni metalu – redukcję chemiczną, elektrochemiczną lub reakcję chemiczną. Powłoki takie odznaczają się większą niż pokrywany metal odpornością na korozję, ścieranie oraz innymi właściwościami fizykochemicznymi. W metodach fizycznych do wytworzenia na powierzchni materiału powłok organicznych, metalowych (najczęściej związanych z podłożem adhezyjnie) albo warstw wierzchnich wykorzystywane są zjawiska fizyczne [1-4].

1.2. Wymagania stawiane warstwom powierzchniowym

Warstwy powierzchniowe powinny odpowiadać następującym podstawowym wymaganiom [1,4,6]:

- szczelność,
- nieprzepuszczalność,
- dobra przyczepność do podłoża,
- zdolność krycia powierzchni,
- niepogarszanie własności materiału podłoża.

Istotnym czynnikiem aby uzyskać powłoki o odpowiedniej jakości jest dokładne przygotowanie powierzchni pokrywanego materiału oraz przestrzeganie warunków technologicznych procesu nanoszenia. Ważne jest, żeby dla każdego rodzaju wytwarzanych warstw powierzchniowych przygotować podłoże uwzględniając specyfikę nakładania warstw. Przygotowanie próbki polega na usunięciu zanieczyszczeń, zgorzeliny, produktów korozji, odtłuszczeniu, czy też usunięciu nierówności. Bezpośrednio po tych zabiegach należy nakładać warstwy, aby nie dopuścić do pokrycia się oczyszczonej powierzchni produktami korozji [2-5].

Odpowiednio dobrana i wykonana warstwa powierzchniowa umożliwia [4-6]:

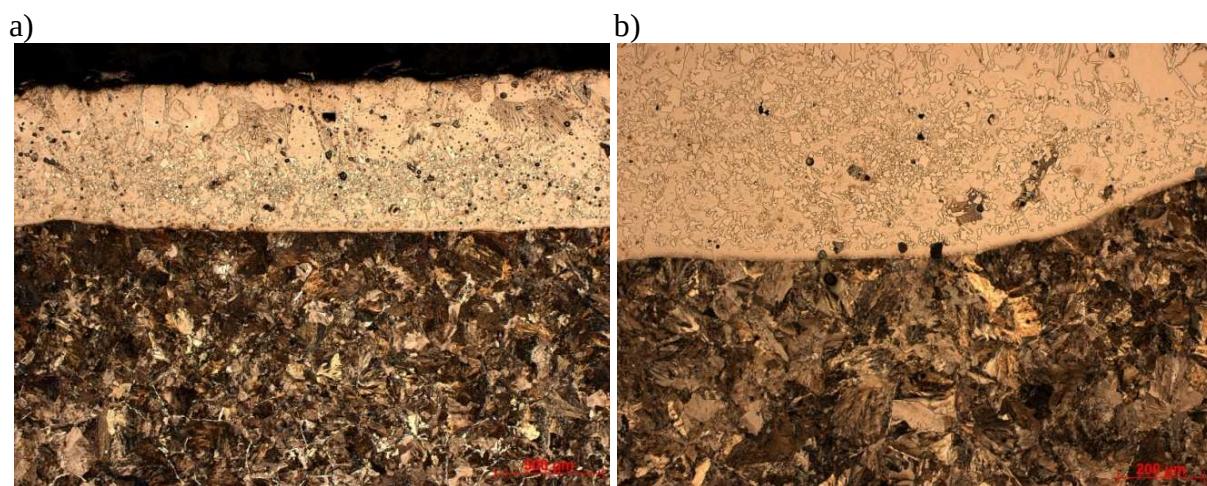
- zastąpienie drogich materiałów tańszymi o gorszych właściwościach rdzenia, ale wystarczających właściwościach warstwy powierzchniowej,
- zmniejszenie awaryjności narzędzi, części maszyn i urządzeń,
- zwiększenie niezawodności,
- zmniejszenie częstotliwości remontów i wymiany zużytych elementów,
- zmniejszenie oporów tarcia powierzchni współpracujących,
- zmniejszenie zanieczyszczenia środowiska naturalnego w wyniku zastąpienia energochłonnych technologii wytwarzania technologiami oszczędnymi i ekologicznymi.

Wykorzystanie bezciśnieniowego formowania gęstwy polimerowo-proszkowej, umożliwia nakładanie powłok bez potrzeby używania specjalistycznego wyposażenia. Przygotowanie odpowiedniej mieszaniny do nakładania polega na zmieszaniu uplastycznionego lepiszcza z mieszaniną węglików. W roli lepiszcza możliwe jest wykorzystanie lakieru celulozowego lub parafiny. Dobrze przygotowana gęstwa, posiada wystarczająco niską lepkość do nakładania przy jak najmniejszym możliwym udziale lepiszcza. Po procesie formowania gęstwy polimerowo-proszkowej niezbędny jest proces spiekania poprzedzony degradacją lepiszcza polimerowego. Dobrze przeprowadzony proces degradacji jest niezbędny w celu usunięcia polimeru z wnętrza formowanego materiału, ponieważ w temperaturze spiekania gazowe produkty rozpadu polimeru spowodują delaminację i zniszczenie wytworzonej powłoki.

Badania wykonano na stali do ulepszenia cieplnego 41Cr4. Jako materiał powłoki zastosowana została mieszanina węglików (H10 i G50), dla pierwszej serii próbek wykorzystano lakier celulozowy jako lepiszcze, w przypadku drugiej serii wykorzystano do tego celu parafinę.

Na rysunku 2 przedstawiono powierzchnię po procesie spiekania. Na podstawie przeprowadzonych badań oraz otrzymanych wyników stwierdzono, że powłoki dobrze przylegają do podłoża i generalnie nie wykazują rozwarstwień lub pęknięć. Zastosowane dwa rodzaje lepiszcza nie wpływają na dekohezję powłoki, a połączenie powłoki i podłoża ma charakter dyfuzyjny.

Powstałe lokalne rozwarstwienia i pęknięcia zależą od udziału lepiszcza. Przy mniejszym udziale procentowym lepiszcza nakładanie i rozprowadzanie gęstwy jest technologicznie trudne z uwagi na jej dużą lepkość. Mała ilość lepiszcza nie zwilża dostatecznie powierzchni proszku oraz podłoża, co powoduje występowanie nieciągłości w powłoce. Natomiast zbyt duża ilość lepiszcza może spowodować duży skurcz po spiekaniu oraz pęknięcia powstające w czasie degradacji lepiszcza.



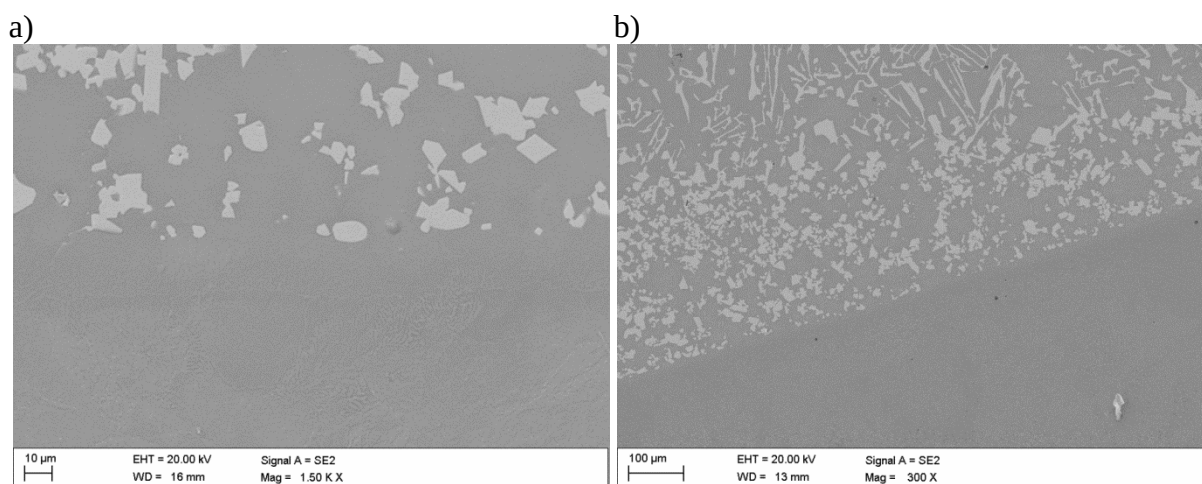
Rysunek 2. Struktura podłoża i powłoki: a) mieszanina węglików G50, b) mieszanina węglików H10

Figure 2. Structure of base and surface: a) carbide G50, b) carbide H10

Objętościowy udział lepiszcza i proszku na poziomie 50% charakteryzuje się optymalną lepkością gęstwy, która umożliwia nakładanie powłoki. Dobrany tak udział lepiszcza i proszku pozwala na pokrycie powierzchni materiału warstwą gęstwy polimerowo-proszkowej, stanowiącą równą i jednolitą powłokę, która dobrze przylega do podłoża niezależnie czy wykorzystanym lepiszczem jest parafina czy lakier.

Badania w mikroskopie skaningowym oraz na mikroskopie świetlnym wykazały, że powłoka szczelnie pokrywa powierzchnię stalowego podłoża. Połączenie z podłożem ma charakter dyfuzyjny, co szczególnie widać podczas obserwacji w mikroskopie skaningowym. Różnica pomiędzy materiałem warstwy wierzchniej i podłoża polega na braku węglików w podłożu stalowym. Podczas obserwacji wytrawionych próbek na mikroskopie świetlnym można zaobserwować jasny podtrawiony obszar warstwy wierzchniej i wytrawione podłoże z siatką ferrytu na granicach ziaren.

Na rysunku 3 przedstawiono strefę połączenia powłoki węglikostalowej z materiałem podłoża narzędzia, wysoka temperatura procesu spiekania umożliwiła dyfuzję atomów na duże odległości.



Rysunek 3. Struktura próbki: a) z mieszaniną węglików G50, b) z mieszaniną węglików H10
 Fig. 3. Sample structure: a) carbide G50, b) carbide H10.

Zastosowanymi lepiszczami były parafina i lakier celulozowy. W przypadku zastosowania parafiny niezbędnym było jej podgrzanie do temperatury około 70°C w celu wymieszania z proszkiem stali i węglików. Zapewnia to lepsze wymieszanie polimerowo-proszkowej gęstwy i jej niższą lepkość w czasie nakładania, jednak w tym celu niezbędne jest podgrzanie podłoża do podobnej temperatury, co zapobiega zbyt szybkiemu stygnięciu gęstwy. Natomiast gęstwa oparta na lakierze celulozowym nie posiada tej wady, ponieważ jest płynna w temperaturze pokojowej. Zatem z technologicznego punktu widzenia jest to bardziej korzystne rozwiązanie, jednak niezapewniające tak dobrego wymieszania węglików w gęstwie.

Badania wykazały, że mikrotwardość powłok jest większa w stosunku do mikrotwardości podłoża (tab. 1, 2). Tam, gdzie twardość była znacznie niższa niż twardość samej stali 41Cr4, najprawdopodobniej występuje por pod powierzchnią badaną. Jednak większość wyników pomiaru twardości świadczy o tym, że wytworzona warstwa z węglików jest bardzo twarda, a jej średnia twardość wynosi ponad 1100 HV, co daje nam wynik o 400 HV większy niż dla samej stali 41Cr4.

Tablica 1. Wyniki pomiaru mikrotwardości próbki 1 (G50)

Table 1. Microhardness measurement results of sample 1 (G50)

Nr pomiaru	Średnica D1	Średnica D2	Mikrotwardość HV	Osnowa	Węglik
1	15,32	14,83	816,27	✓	
2	19,33	19,58	489,78	✓	
3	16,60	16,11	693,57	✓	
4	11,85	12,63	1237,41		✓
5	11,85	11,53	1356,36		✓
6	19,88	21,23	438,89	✓	
7	12,40	13,36	1117,58		✓

Tablica 2. Wyniki pomiaru mikrotwardości próbki 2 (H10)

Table 2. Microhardness measurement results of sample 2 (H10)

Nr pomiaru	Średnica D1	Średnica D2	Mikrotwardość, HV	Osnowa	Węglik
1	18,6	20,87	476	✓	
2	12,4	12,63	1183,91		✓
3	13,13	13,73	1028,26		✓
4	20,24	21,05	435,04	✓	
5	29,73	29,65	210,38	✓	
6	28,45	28	232,74	✓	
7	12,04	11,16	1377,92		✓
8	15,32	15,01	806,44	✓	

2. PODSUMOWANIE

Jedną z nowoczesnych metod formowania proszków jest formowanie niskociśnieniowe gęstwy polimerowo-proszkowej, którą można zastosować do nakładania powłok. Metoda ta polega na wytworzeniu proszku, a następnie zmieszaniu go z lepiszczem, który będzie spajał ziarna proszku. Pierwsze próby zastosowania tej metody dotyczyły wytwarzania warstw węglikostalowych na stalach do ulepszania cieplnego i szybkochnących [6]. Wytworzona gęstwa jest наносzona na podłoże, a następnie poddawana degradacji termicznej lepiszcza i spiekana w atmosferze przepływającego azotu i wodoru w odpowiedniej temperaturze.

Na próbkach wytworzonych tą metodą przeprowadzono badania, które potwierdziły, że metoda ta jest skuteczna i może być z powodzeniem stosowana. Badania struktury w mikroskopie skaningowym pokazują, że między podłożem i powłoką nie występują żadne rozwarstwienia i pęknięcia. Uzasadniony jest zatem rozwój tej metody wytwarzania powłok oraz dalsze badania sposobu nakładania gęstwy na podłoże oraz dobór odpowiednich proporcji proszku i fazy wzmacniającej w powłoce. Ważne jest zmniejszenie porowatości powłok i osiągnięcie jak najkorzystniejszej struktury powłoki, co doprowadzi do zmniejszenia zużycia powłok oraz do poprawienia twardości.

LITERATURA

- [1] T. Burakowski, T. Wierchoń, Inżynieria powierzchni metali, WNT, Warszawa, 1995.
- [2] J. Łaskawiec, Inżynieria powierzchni, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.
- [3] A. Klimpel, Napawanie i natryskiwanie cieplne. Technologie, WNT, Warszawa, 2000.
- [4] S. Tkaczyk i inni, Powłoki ochronne. Skrypt 2024, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 1997.
- [5] L.A. Dobrzański, Podstawy nauki o materiałach i metaloznawstwo. Materiały inżynierskie z podstawami projektowania materiałowego, WNT, Warszawa, 2002.
- [6] A. Młynarczyk, J. Jakubowski, Obróbka powierzchniowa i powłoki ochronne, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 1998.
- [7] G. Matula, Gradientowe warstwy powierzchniowe z węglikostali narzędziowych formowane bezciśnieniowo i spiekane, Open Access Library 7(13) (2012) 1-144.