

Urządzenie do wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej oraz sposób wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej.

Przedmiotem wynalazku jest urządzenie do wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej oraz sposób wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej.

Szerokie spektrum technologiczne stosowania mikroobróbki laserowej (ablacyjne oczyszczanie, teksturowanie, rozwijanie powierzchni, nadtapianie i szkliwienie, mikrospawanie i mikronapawanie, lutowanie, osadzanie laserowe PLD), znajdują coraz szersze zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. Dzięki bardzo dynamicznemu rozwojowi konstrukcji laserów do powierzchniowej mikroobróbki materiałów i elementów maszyn pojawiły się nowe perspektywy technologiczne w zakresie modyfikacji powierzchni. Nowoczesne lasery nano-, piko- oraz femtosekundowe, działające głównie w reżimie impulsowym, generujące bardzo duże gęstości mocy (MW, GW), z możliwością sekwencyjnego, lokalnego oraz powtarzalnego oddziaływania na powierzchnię, powodują bardzo dynamiczne przemiany strukturalne,

nieosiągalne innymi technologiami inżynierii powierzchni. Istnieje możliwość wytworzenia struktur jednofazowych amorficznych, a także wytwarzanie wielofazowych, w tym kompozytowych warstw wierzchnich (KWWL). Dzięki coraz nowszej optyce oraz wysokiej mobilności źródeł laserowych (małe gabaryty, możliwość przemieszczania) istnieje możliwość wytwarzania nowoczesnych struktur powierzchniowych nie tylko na materiałach konstrukcyjnych ale także na elementach maszyn o dużych i bardzo dużych gabarytach (silniki siłowni okrętowych, dużych form wtryskowych, maszyn i innych urządzeń technicznych).

Z przeprowadzonej analizy literatury wynika, że aktualnie wykorzystuje się wiele technologii inżynierii powierzchni, w tym technologie wytwarzania kompozytowych warstw powierzchniowych. Do technologii tych zaliczamy: natryskiwanie cieplne powłok metalicznych i niemetalicznych (Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2) z wykorzystaniem technik plazmowych, HVOF i detonacyjnych. Technologiami tymi można wytworzyć wielowarstwowe kompozytowe systemy powłokowe, wykorzystywane jako ochronne bariery cieplne oraz systemy warstw wierzchnich stosowanych w tribologii. Kolejnymi technologiami inżynierii powierzchni są metody redukcji chemicznej i elektrochemicznej. Wytwarzanie warstw kompozytowych tymi metodami polega na równoczesnym osadzaniu metalu i wbudowywaniu cząstek dyspersyjnej np. fazy ceramicznej w narastającą warstwę. Budowa i właściwości tego materiału kompozytowego zdeteminowana jest zarówno strukturą materiału osnowy, jak i zbiorem cząstek fazy dyspersyjnej, zawartej w objętości materiału.

Wśród wielu warstw kompozytowych na szczególną uwagę zasługują także kompozytowe powierzchniowe warstwy z osnową niklową o strukturze mikrokryształicznej i nanokryształicznej oraz amorficznej z twardą dyspersyjną

fazą ceramiczną (Al_2O_3 , Si_3N_4 , SiC_5) a także z dyspersyjnymi fazami smarnymi takimi jak grafit MoS_2 oraz PTFE. Technologie te mają wiele zalet w tym możliwość regulowania parametrów procesów elektrochemicznych, wytwarzanie warstw kompozytowych na skomplikowanych kształtach elementów maszyn. Niestety do istotnych ograniczeń zaliczyć należy szkodliwość procesu elektrochemicznego i chemicznego osadzania warstw kompozytowych. Kolejną grupę powłok osadzanych chemicznie stanowią metody Zol-żel, które pozwalają wytwarzać wielofunkcyjne kompozytowe warstwy powierzchniowe również na elementach maszyn. Metody te mają jednak pewne ograniczenia związane z przyczepnością do podłoża co stanowi istotny problem technologiczny. Do bardzo nowoczesnych metod wytwarzania warstw powierzchniowych (w tym kompozytowych 1- i wielowarstwowych) a także hybrydowych systemów warstw powierzchniowych, zaliczają się technologie PVD, CVD wraz z ich różnymi odmianami. Pozwalają one na wytwarzanie warstw powierzchniowych o wysokich właściwościach użytkowych. Są to technologie ekologiczne, procesy są powtarzalne i w pełni kontrolowane. Bardzo istotnym ograniczeniem stosowania ich w procesach technologicznych są małe wymiary geometryczne stosowanych komór próżniowych, co praktycznie determinuje, znacznie ogranicza, asortyment elementów maszyn wielkogabarytowych. Technologie te pozwalają wytwarzać m.in. powłoki wielofazowe zbudowane z czystych materiałów metalicznych Cu, Zn, Sn, Al, w tym o budowie nanokrystalicznej. Zastosowanie gazów reaktywnych w strumieniu warstwy jonów metalicznych stwarza warunki do syntezy materiałów np. węglkowych, azotkowych prostych (TiN TiC CrN , Cr_2N) i złożonych (TiAlN , CrAlN). Powłoki te cechują bardzo wysokie właściwości użytkowe. Bardzo nowoczesną grupę technologii umożliwiających wytwarzanie wielofunkcyjnych warstw wierzchnich i powłok, w tych

gradientowych są technologie laserowe w tym stopowanie laserowe, napawanie, a także bardzo perspektywiczne mikroobróbki laserowe stosowane głównie w zakresie ablacyjnego teksturowania laserowego, ablacyjnego oczyszczania laserowego, umacniania udarowego. O ile metody laserowe stosowane są powszechnie w makroskali to procesy mikroobróbki laserowej w dalszym ciągu są mniej znane i stosowane, ale w ostatnich kilkunastu latach przeżywają dynamiczny rozwój. Warstwy wytworzone tymi technologiami aktualnie podlegają licznym badaniom naukowym oraz znajdują coraz większe zastosowanie w Inżynierii Powierzchni.

Używane w technice określenie „materiał kompozytowy”, czy bardziej potocznie „kompozyt”, obejmuje bardzo szeroką grupę materiałów. Najczęściej materiałem kompozytowym nazywa się tworzywo złożone, z co najmniej dwóch różnych ze względu na właściwości i strukturę materiałów, występujących w postaci wyodrębnionych fizycznie składników, trwale połączonych ze sobą w wyniku zaistniałych reakcji i przemian fizykochemicznych zapewniających monolityczność kompozytu.

Ze względu na rodzaj materiału osnowy kompozyty dzielimy na: metaliczna (głównie stopy Al, magnezu, tytanu, niklu, żelaza); ceramiczna (węgiel krzemu, tlenek aluminium, azotek aluminium); polimerowa (poliestry, epoksydy – termoutwardzalne, poliamidy, polipropylen - termoplastyczny). Powierzchniowe warstwy kompozytowe wykonywane są w celu zapewnienia szczególnych właściwości wybranym powierzchniom, a w szczególności zwiększenia odporności na: zużycie w warunkach tarcia, udary cieplne oraz korozję. Przeprowadzona analiza literaturowa pozwoliła stwierdzić, że najczęściej kompozyty wytwarzane są metodami konwencjonalnymi (głównie metody odlewnicze). Wytwarzanie kompozytowych warstw powierzchniowych przy użyciu metody infiltracji

jest jedną z metod coraz częściej stosowanych. Dzięki prostocie metody, możliwości stosowania różnych dodatków materiałowych w warunkach wysokiego ciśnienia, ultradźwiękowo, istnieje możliwość skutecznego nasycenia, wbudowywania różnych materiałów kompozytowych. Można przypuszczać, że wykonanie tego typu materiału tą metodą jest możliwe, a otrzymane w ten sposób kompozyty mogą charakteryzować się unikalnymi właściwościami użytkowymi. Należy jednak jednoznacznie podkreślić, że technologie te są stosunkowo uciążliwe w wykonaniu, a ich możliwości bardzo ograniczone, brak możliwości dokładnego sterowania grubości wytwarzanej warstwy, a tym samym otrzymywania cienkich powłok. W ostatnim okresie można zauważyć rosnące zainteresowanie nowoczesnymi technologiami inżynierii powierzchni jakimi są metody laserowe.

Istotą urządzenia do wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej według wynalazku jest to, że posiada zespół głowic laserowych zestawiony z laserowej głowicy do napawania warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych połączonej rozłącznie za pomocą kąтового regulatora z laserową głowicą do teksturowania powierzchni materiału, która emituje promieniowanie korzystnie o długości fali promieniowania laserowego $\lambda = 1064 \text{ nm} - 532 \text{ nm}$ i gęstości energii w impulsie, korzystnie nie mniejszej niż 1 J/cm^2 , a czas trwania impulsów wynosi korzystnie $1 \div 100 \text{ ns}$, przy czym kątowy regulator ma zasięg regulacji kątowej w zakresie od $10^\circ - 80^\circ$.

Istotą sposobu wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej, według wynalazku jest to, że powierzchnię metalowych elementów konstrukcyjnych pokrywa się poprzez natrysk aktywnym chemicznie medium częściowo przeziernym, korzystnie całkowicie

przeziernym, a następnie poddaje się procesowi ablacyjnego oczyszczania laserowego, i/lub ablacyjnego teksturowania laserowego w celu jej rozwinięcia w 3D, poddając ją procesowi naświetlania promieniowaniem laserowym lasera o pracy impulsowej, emitującego promieniowanie, korzystnie o długości fali promieniowania $\lambda = 1064 \text{ nm} - 532 \text{ nm}$, oraz korzystnie impulsowego promieniowania lasera o gęstości energii w impulsie nie mniejszej niż 1 J/cm^2 o czasie trwania impulsów $1 \div 100 \text{ ns}$, oraz jednocześnie prowadzi się proces napawania laserowego stopu metalu, i/lub ceramiki. Na rozwiniętą w 3D powierzchnię metalowych materiałów konstrukcyjnych nanosi się warstwy kompozytowe poprzez natryskiwanie cieplne powłok metalicznych.

Na warstwy kompozytowe w elementach konstrukcyjnych nanosi się kompozycje posiadające właściwości smarne.

Przedmiot wynalazku uwidoczniiony jest na rysunku, na którym Fig.1 przedstawia zespół laserowych głowic usytuowanych równolegle w ujęciu schematycznym, a Fig.2 przedstawia zespół laserowych głowic usytuowanych kątowno względem siebie.

Urządzenie do wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych z wykorzystaniem mikroobróbki laserowej, ma zespół głowic laserowych zestawiony z laserowej głowicy 1 do napawania warstw wierzchnich na metalowych materiałach konstrukcyjnych połączonej rozłącznie za pomocą kątownego regulatora 2 z laserową głowicą 3 wykorzystywaną do procesu teksturowania powierzchni materiału, tj. rozwijania jej w 3D, koniecznego w procesie technologicznym wytwarzania kompozytowych warstw wierzchnich. Głowica ta emituje promieniowanie korzystnie o długości fali promieniowania laserowego $\lambda = 1064 \text{ nm} - 532 \text{ nm}$ i gęstości energii w impulsie, korzystnie nie mniejszej niż 1 J/cm^2 , a czas trwania impulsów wynosi korzystnie $1 \div 100$

ns, przy czym kątowny regulator 2 ma zasięg regulacji kątowej w zakresie od 10°- 80°.

Przykład 1.

Na powierzchnię metalowych elementów konstrukcyjnych naniesiono poprzez natrysk warstwę ciekłej substancji aktywnej chemicznie, którą stanowi preparat rozpuszczający np. kamień kotłowy, tłuszcze, zanieczyszczenia, naloty techniczne itp. w celu ich aktywacji chemicznej, tj. rozpuszczanie i odparowanie, osłabienie wiązań chemicznych osadów organicznych i nieorganicznych oraz innych warstw i powłok, a następnie prowadzono proces ablacyjnego oczyszczania laserowego/i lub ablacyjnego teksturowania laserowego powierzchni, po czym prowadzi się równoczesny proces napawania laserowego, tj. wytwarzania (osadzania) warstw wierzchnich na bazie różnych stopów metali (np. żelaza, aluminium, niklu, tytanu, kobaltu, miedzi) i ceramiki na rozwiniętą laserowo w 3D powierzchnię, uzyskując warstwy kompozytowe z osnową metalową o strukturze mikrokryształicznej i/lub nanokryształicznej i/lub amorficznej z twardymi wysokodispersyjnymi fazami (metaliczne, ceramiczne, inne kompozytowe), odpornymi głównie na zużycie abrazyjne, zużycie przez tarcie w środowisku czynnika smarowego/i lub odpornymi na działanie korozji.

Przykład 2.

Płytowe metalowe elementy konstrukcyjne zanurzone na 20 sek. w ciekłej substancji aktywnej chemicznie, w celu rozpuszczania, odparowania, a także osłabienia wiązań chemicznych osadów organicznych i nieorganicznych, produktów korozji oraz innych warstw i powłok. Substancje tę stanowi specjalny preparat rozpuszczający ww. nawarstwienia powstałe na ww. elementach. Tak przygotowaną powierzchnię poddaje się procesowi

ablacyjnego teksturowania powierzchni w celu rozwinięcia powierzchni metalowych materiałów konstrukcyjnych w 3D, w celu osadzenia nowej generacji warstw kompozytowych m.in. poprzez natryskiwanie cieplne powłok metalicznych, w tym o strukturze nanokrystalicznej głównie odpornych na zużycie w warunkach tarcia i niemetalicznych (Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2) z wykorzystaniem technik plazmowych z twardymi dyspersyjnymi fazami ceramicznymi (Al_2O_3 , Si_3N_4 , SiC_5), a także z dyspersyjnymi fazami smarnymi takimi jak grafit MoS_2 .

Przykład 3.

Sposób jak wyżej, a po aktywacji chemicznej jak wyżej, a następnie ablacyjnym oczyszczaniu/i lub ablacyjnym teksturowaniu laserowym do uzyskania powierzchni rozwiniętej w 3D, najpierw na tak przygotowaną powierzchnię prowadzi się proces osadzania warstw wierzchnich wytworzonych technologiami hybrydowymi z materiałów metalowych, i/lub niemetalowych, i/lub kompozytowych o strukturze mikrokrystalicznej i/lub nanokrystalicznej i/lub amorficznej z fazami dyspersyjnymi (np. twardymi i/lub miękkimi), a następnie na tak wytworzone warstwy kompozytowe w elementach konstrukcyjnych nanosi się natryskowo i/lub poprzez zanurzenie środki lub kompozycje posiadające wysokie właściwości smarne.

Pełnomocnik:

KANCELARIA RZECZNIKA PATENTOWEGO
Anna Cieniuch-Kokowicz
20-510 Lublin, ul. Lipska 24
P-430393216-

RZECZNIK PATENTOWY

inż. Anna Cieniuch-Kokowicz
Wpis na liście UP RP Nr 2482