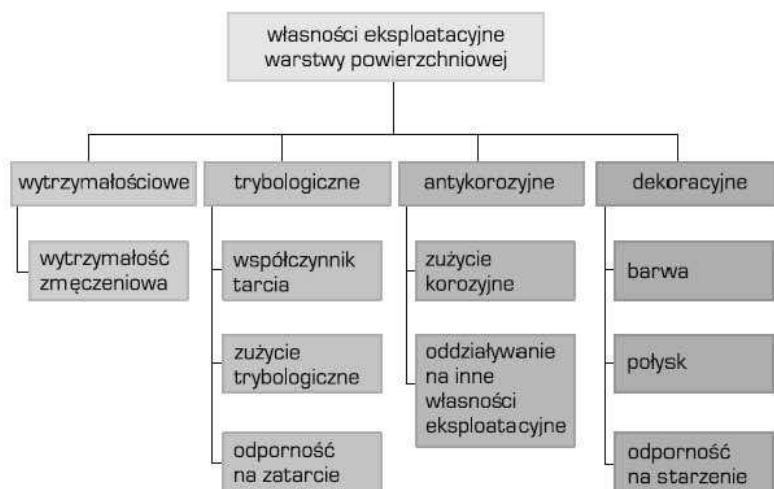


2. Ogólna klasyfikacja warstw powierzchniowych i procesów ich wytwarzania

Struktura i własności warstw powierzchniowych bardzo często, a nawet głównie, decydują o własnościach użytkowych wielu produktów i ich elementów (rys. 3). Również względy ekonomiczne nakazują stosowanie w takich przypadkach warstw powierzchniowych, zapewniających wymagane własności użytkowe przy równoczesnym użyciu możliwie tanich materiałów na rdzeń elementu, od którego wymaga się z reguły mniejszych własności użytkowych. W wyniku odpowiedniego doboru materiału elementu wraz z procesami kształtującymi jego strukturę i własności oraz rodzaju i technologii warstwy powierzchniowej, zapewniających wymagane własności użytkowe, możliwe jest również najkorzystniejsze zestawienie własności rdzenia i warstwy powierzchniowej wytworzonego elementu.



Rysunek 3. Najważniejsze własności eksploatacyjne warstwy powierzchniowej

Uzyskane warstwy powierzchniowe mogą być:

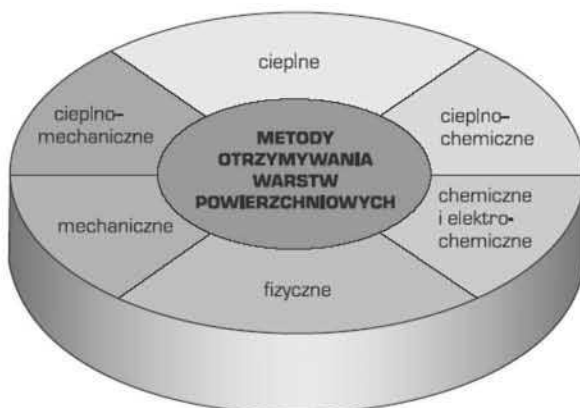
- **warstwami wierzchnimi**, ograniczonymi powierzchnią obrabianego elementu, obejmującymi obszar materiałów o własnościach różniących się od własności materiałów rdzenia, uzyskanymi w wyniku łącznego działania sił mechanicznych, elektrycznych, ciepła, czynników chemicznych,

- **powłokami**, czyli warstwami metalu, stopu, materiału ceramicznego, materiału polimerowego lub innych materiałów, naniesionymi trwale na powierzchnię podłoża, w celu uzyskania wymaganych własności fizycznych, antykorozyjnych lub dekoracyjnych.

Warstwy powierzchniowe ze względu na zastosowanie, można podzielić na:

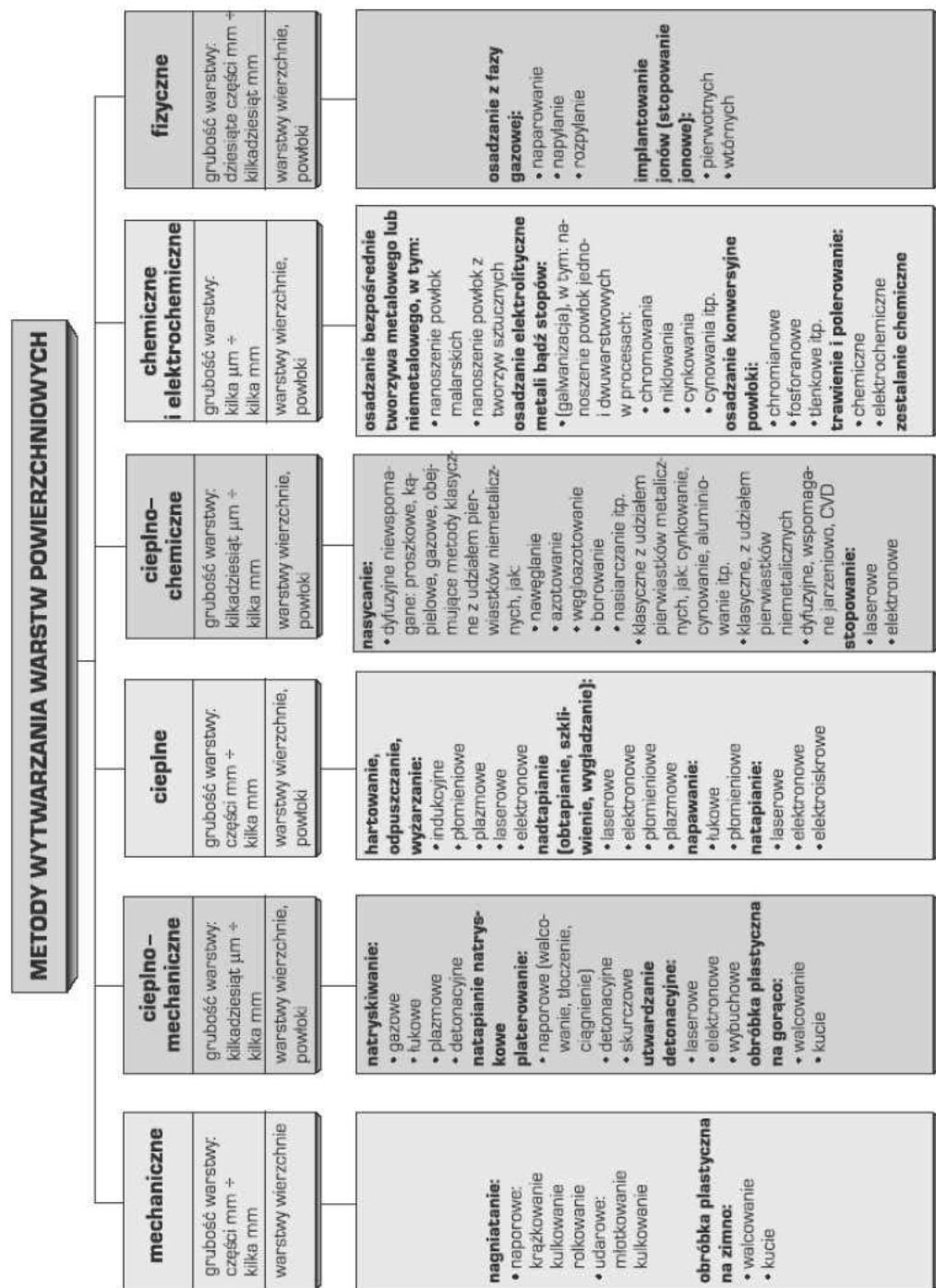
- **wykazujące wymagane własności fizyczne** zapewniające produktom lub ich elementom określone własności mechaniczne, jak wysoką twardość w stosunku do właściwej dla podłoża, zwiększoną odporność na zużycie trybologiczne, zwiększoną przewodność elektryczną lub cieplną, dużą odporność na działanie wysokiej temperatury,
- **antykorozyjne**, w tym o charakterze anodowym lub katodowym, przeciwdziałające korozji elektrochemicznej, jak również stanowiące barierę dyfuzyjną dla korozji gazowej,
- **dekoracyjne i ochronno-dekoracyjne**, nadające produktom estetyczny wygląd zewnętrzny, o czym decyduje barwa, połysk, odporność na pokrywanie się nalotem i ewentualnie faktura powierzchni oraz zdolność do fluorescencji, fosforescencji lub radioaktywności, a często także równoczesnej odporności antykorozyjnej.

Metody wytwarzania warstw powierzchniowych w zależności od rodzaju zjawisk przebiegających podczas ich wytwarzania można podzielić na 6 grup (rys. 4), z których każda pozwala na uzyskanie odpowiedniego rodzaju warstwy powierzchniowej o zróżnicowanej grubości i przeznaczeniu.



Rysunek 4. Metody wytwarzania warstw powierzchniowych

Do procesów technologicznych konstituowania warstw powierzchniowych zestawionych na rysunku 5 są zaliczane metody:



Rysunek 5. Podział metod wytwarzania warstw powierzchniowych ze względu na sposób powstawania warstw

- **mechaniczne**, wykorzystujące nacisk lub energię kinetyczną narzędzia albo cząstek w celu umocnienia warstwy wierzchniej na zimno bądź otrzymania powłoki ochronnej na zimnym podłożu,
- **cieplno-mechaniczne**, w których wykorzystuje się łączne oddziaływanie ciepła i nacisku w celu otrzymania powłok, jak również niekiedy warstw wierzchnich,
- **cieplne**, które są związane z oddziaływaniem ciepła na warstwę powierzchniową materiałów w celu spowodowania zmian struktury materiałów, głównie metali, w stanie stałym, jak również zmian stanu skupienia ze stanu stałego w ciekły i następnie odwrotnie, materiałów pokrywanych (nadtopienie), jak i pokrywających (napawanie lub natapianie),
- **cieplno-chemiczne**, w których oddziałują łącznie ciepło i aktywny chemicznie ośrodek, w celu pokrycia obrabianego materiału, głównie stopów metali, wymaganym pierwiastkiem lub substancją chemiczną dla spowodowania zmian struktury warstwy powierzchniowej; wśród metod cieplno-chemicznych oddzielną grupę stanowią procesy chemicznego osadzania z fazy gazowej CVD,
- **chemiczne i elektrochemiczne**, polegające na bezpośrednim osadzeniu materiału niemetalowego lub metalowego na powierzchni obrabianego elementu (np. powłoki malarskie, z materiałów polimerowych, powłoki galwaniczne i konwersyjne), usuwaniu zanieczyszczonej lub utlenionej warstwy powierzchniowej w procesach trawienia i polerowania lub zestalania cieplno-chemicznego przez samoutlenianie oraz polimeryzację tlenową substancji błonotwórczych bądź sieciowanie w temperaturze pokojowej lub podwyższonej żywic chemoutwardzalnych nanoszonych metodami lakierniczymi,
- **fizyczne**, związane z osadzaniem powłok adhezyjnie połączonych z podłożem, niekiedy z udziałem połączeń dyfuzyjnych w wyniku zjawisk fizycznych przebiegających pod ciśnieniem atmosferycznym (np. odparowanie rozpuszczalnika podczas nanoszenia powłoki malarskiej) lub zwykle pod ciśnieniem obniżonym, z udziałem jonów, jak napawanie, napylenie, rozpylenie, implantowanie jonów lub pierwiastków metalicznych bądź niemetalicznych; do metod tych należy fizyczne osadzanie z fazy gazowej PVD, związane z odparowaniem metali lub stopów lub rozpyleniem katodowym w próżni i jonizacją gazów par metali, których cechą jest krystalizacja par z plazmy.

W zależności od zastosowanych procesów technologicznych obróbki powierzchniowej, należy w odpowiedni sposób przygotować powierzchnię obrabianego elementu, w wyniku czego można polepszyć różne, pożądane własności warstwy wierzchniej. W tablicy 3 porównano różne procesy technologiczne obróbki powierzchniowej.

Tablica 3

Porównanie procesów technologicznych obróbki powierzchniowej (opracowano według danych N.A. Watermana i M.F. Ashby'ego)

Proces	Podstawowe polepszone własności	Dodatkowe korzystne własności	Zachowanie wymiarów	Przygotowanie powierzchni	Koszt	Możliwość zastosowania	Zniekształcenie	Limit grubości, μm	Temperatura podłoża, $^{\circ}\text{C}$
Malowanie	odporność korozyjna	–	●	szczotkowanie	●	◐	●	●	~20
Powłoki organiczne proszkowe	odporność korozyjna	lepsza odporność na ścieranie po malowaniu	●	szczotkowanie, odtłuszczenie	◐	◐	●	●	●
Galwanizacja	odporność korozyjna i na ścieranie	smarność, przewodność cieplna i elektryczna	◐	odtłuszczenie	◐	◐	●	~100	~20
Powlekanie bezprądowe	odporność korozyjna i na ścieranie	smarność, własności elektryczne i magnetyczne	●	odtłuszczenie	◐	○	●	25	<100
Powlekanie zanurzeniowe	odporność korozyjna	Al daje odporność na utlenianie	●	platerowanie (Al); odtłuszczenie (Zn)	◐	◐	◐	100	740 (Al) 450 (Zn) 850 (złożel)
Inne metody cynkowania	odporność korozyjna	–	●	odtłuszczenie	◐	◐	◐	500	450
Emaliowanie	odporność korozyjna i na ścieranie	żaroodporność, obojętność chemiczna	●	przedmuchiwanie	◐	◐	◐	200	800+900
Natryskiwanie na gorąco	odporność na zużycie	izolacja cieplna, odporność erozyjna	○	przedmuchiwanie	⊗	◐	●	500	200
Metalizacja natryskowa	odporność na zużycie	odporność korozyjna	○	przedmuchiwanie	⊗	◐	◐	●	–
CVD	odporność na zużycie i na korozję	–	○	specjalne	○	○	⊗	2000	>1200
PACVD	odporność na zużycie i na korozję	–	●	specjalne	○	○	●	10	>600
PVD	odporność na zużycie i na korozję	–	●	specjalne	○	◐	●	10	>500
PAPVD	odporność na zużycie i na korozję	bariera cieplna, odporność erozyjna, własności magnetyczne i elektryczne	●	specjalne	○	◐	●	25	>500

Proces	Podstawowe polepszane własności	Dodatkowe korzystne własności	Zacho- wanie wymia- rów	Przygo- towanie powie- rzchni	Koszt	Możli- wość zastoso- wania	Znie- kształ- cenie	Limit grubo- ści, μm	Tempera- tura pod- łoża, °C
Platerowa- nie przez walcowanie	odporność korozyjna	–	●	szczotko- wanie	●	⊗	●	●	20
Powlekanie chemiczne konwer- syjne	odporność korozyjna i na zużycie	smarność	●	obróbka skrawa- niem	●	○	●	700	80
Nawęglanie	odporność na zużycie	wytrzymałość zmęczeniowa	○	obróbka skrawa- niem	●	◐	◑	2000	825÷950
Węglo- azotowanie wysoko- tempera- turowe	odporność na zużycie	–	○	obróbka skrawa- niem	●	◐	◑	750	800÷870
Azotowanie	odporność na zużycie	wytrzymałość zmęczeniowa	●	obróbka skrawa- niem	●	◐	●	500	500÷590
Węglo- azotowanie niskotem- peraturowe	odporność na zużycie	anty scuffing	●	obróbka skrawa- niem	●	◐	●	250	540÷600
Borowanie	odporność na zużycie	twardość na gorąco	●	obróbka skrawa- niem	◑	◐	◑	25	1100
Chromo- wanie	odporność korozyjna i na utle- nianie	–	●	obróbka skrawa- niem	◑	◐	◑	1000	1300
Aluminiow- anie	odporność korozyjna i na utle- nianie	–	●	obróbka skrawa- niem	◑	◐	◑	1000	1000
Hartowanie powierz- chniowe	odporność na zużycie	wytrzymałość zmęczeniowa	●	obróbka skrawa- niem	●	◐	◑	5000	1000
Nagniatanie	wytrzyma- łość zmę- czeniowa	–	●	obróbka skrawa- niem	●	◐	●	250	~20
Oznaczenia: ○ bardzo dobry, tak, wysoki, ◐ średni, umiarkowany, niekiedy, ● nie, niski, żaden, nie ma, ◑ dobry, ● ograniczony, ⊗ różny.									