

INTRODUCERE

Protejarea componentelor care lucrează în condiții severe de uzură, abraziune și coroziune prin acoperirea cu straturi dure este una din cele mai importante și versatile metode de îmbunătățire a performanțelor acestora [1,2]. Se cunoaște un număr mare de materiale dure ce pot fi folosite în acest scop, fiind prin urmare importantă stabilirea unor criterii de selecție a celor mai potrivite materiale de acoperire, adaptate aplicațiilor specifice avute în vedere. Problemele privind selecția apar în principal datorită multiplelor cerințe privind proprietățile straturilor, cerințe care în general nu pot fi îndeplinite simultan de un singur material. Principalele criterii pentru validarea unui material de acoperire sunt: o bună aderență a stratului la substrat, interacțiune redusă cu materialul în contact în timpul utilizării, duritate ridicată, stabilitate chimică, rezistență la oxidare și coroziune și cu tensiuni reduse în strat [1]. Aceste criterii sunt indispensabile întrucât majoritatea eșecurilor din exploatarea industrială a dispozitivelor acoperite au loc datorită proprietăților neadecvate sau a alegerii incorecte a materialelor utilizate.

Necesitatea cercetărilor

Industria constructoare de mașini, extractivă, aviatică și chimică sunt în prezent principalii utilizatori ai straturilor subțiri dure. Aplicațiile vizate includ acoperirea sculelor așchietoare care lucrează în regim de viteză înaltă de prelucrare, precum și a pieselor echipamentelor care lucrează în condiții extreme, cum ar fi: pereții camerelor de ardere, paletele turbinelor, căptușeala conductelor de evacuare a gazelor de ardere etc. Există de asemenea preocupări intense pentru creșterea performanțelor sculelor utilizate în industrie (prelucrări prin tăiere/așchiere/găurire a metalelor și a lemnului), acest domeniu fiind de mare interes din punct de vedere aplicativ. Se urmărește în special îmbunătățirea randamentului economic al proceselor industriale prin mărirea duratei de viață a componentelor și a fiabilității acestora.

Această teză propune câteva abordări privind selectarea, obținerea și caracterizarea straturilor de acoperire utilizate pentru aplicații tribologice atât în medii uscate sau temperaturi înalte cât și în condiții corozive. Pentru obținerea acestora au fost utilizate două metode de depunere: pulverizarea magnetron și evaporarea cu arc catodic. A fost analizată influența principalilor parametri de depunere asupra caracteristicilor de strat, urmărindu-se îmbunătățirea proprietăților mecanice, tribologice și anticorozive ale acestora. În funcție de tipul de strat utilizat și mai ales de aplicațiile vizate, a fost urmărită creșterea durității, reducerea coeficientului de frecare, creșterea rezistenței la uzare și creșterea rezistenței în mediu coroziv.

Obiectivul prezentei teze de doctorat "*Straturi subțiri multicomponente obținute prin metode PVD pentru funcționalizarea suprafețelor metalice supuse uzurii*" vizează creșterea performanțelor unei game largi de materiale metalice supuse uzurii atât în aer și la temperaturi înalte cât și într-un mediu coroziv intens prin acoperirea acestora cu straturi subțiri obținute prin metode fizice de depunere din stare de vapori. S-a urmărit obținerea și caracterizarea a trei clase de materiale multicomponente, respectiv nitruri, carburi și carbonitruri ale unor metale de tranziție (Ti, Cr, Zr), la care au fost adăugate elemente de aliere precum Si, Nb, Zr.

Teza de doctorat este structurată în 7 capitole la care se adaugă Contribuțiile personale, precum și o bibliografie ce cuprinde 182 referințe. Primele trei capitole prezintă o descriere teoretică privind metodele de obținere și cele de caracterizare a straturilor subțiri. În continuare, capitolele IV-VII reprezintă partea de noutate a tezei, axată pe selectarea, obținerea și caracterizarea straturilor subțiri, fiecare capitol conținând și concluzii parțiale ale rezultatelor obținute.

Noutatea prezentei teze de doctorat constă în dezvoltarea unor tipuri noi de straturi protective din carburi și carbonitruri ale unor metale de tranziție destinate aplicațiilor ce implică procese intense de coroziune și de uzură. În acest scop s-a realizat un studiu privind necesitatea cercetărilor realizate și selectarea materialelor experimentale și a tehnicilor de obținere și caracterizare a acestora. Cercetările experimentale pot fi extinse pentru evaluarea performanțelor straturilor, în acest sens, ca perspective viitoare de dezvoltare-cercetare ar fi de interes:

1. Continuarea cercetărilor prin testarea straturilor dezvoltate în condiții cât mai apropiate de cele reale, cum ar fi standuri specifice aplicațiilor urmărite sau chiar în exploatarea reală, în vederea studierii comportamentului real al straturilor.
2. Aprofundarea cercetărilor în vederea găsirii unei soluții mai eficiente de a pune în evidență mecanismele de coroziune și uzură identificate în prezenta teză de doctorat.
3. Utilizarea și altor metode de analiză pentru a explica comportarea tribocorozivă particulară a straturilor dezvoltate în prezenta teză de doctorat.
4. Extinderea cercetărilor și asupra altor tipuri de straturi subțiri.
5. Studiarea din punct de vedere experimental a efectului temperaturii asupra procesului de uzare pe parcursul derulării testelor tribologice în regim uscat sau coroziv.

Conținutul fiecăruia dintre capitole poate fi rezumat după cum urmează

Capitolul I prezintă un studiu documentar privind straturile subțiri dure, urmărindu-se o clasificare a acestora, a aplicațiilor vizate și a cerințelor impuse pentru utilizarea lor în condiții de uzură și coroziune.

Capitolul II prezintă metodele de depunere utilizate în general pentru obținerea straturilor subțiri, cu accent pe metodele utilizate în cadrul prezentei teze de doctorat: metoda de evaporare reactivă cu arc catodic și metoda de pulverizare reactivă magnetron. Sunt prezentate schemele incintelor tehnologice utilizate pentru obținerea straturilor, precum și o analiză comparativă a avantajelor și dezavantajelor celor două metode.

Capitolul III este consacrat prezentării metodelor și echipamentelor utilizate pentru caracterizarea straturilor studiate. În vederea unei caracterizări amănunțite, au fost investigate următoarele proprietăți: **fizico-chimice** (compoziția elementală, legăturile chimice), **microstructurale** (structura cristalină, compoziția fazică, textura și dimensiunea cristalitelor), **mecanice și morfologice** (grosimea de strat, tensiunea internă, rugozitatea suprafeței, topografia suprafeței, duritatea, modulul de elasticitate, aderența la substrat), **tribologice** (coeficientul de frecare, rata de uzare) și **coroziunea în mediul coroziv** (potențialul de circuit deschis și cel de coroziune, densitatea de curent de coroziune, rezistența de polarizare, rata de coroziune).

Capitolul IV este dedicat investigării comparative a straturilor dure pe bază de Cr (CrN, CrCN, CrSiCN) depuse prin metoda de evaporare cu arc catodic și pulverizare magnetron, fiind făcută o analiză a avantajelor și dezavantajelor generate de utilizarea celor două tehnici. Straturile au fost caracterizate din punct de vedere al compoziției elementale și fazice, structurii cristaline, proprietăților mecanice și performanțelor tribologice în regim uscat.

Capitolul V prezintă o analiză a proprietăților straturilor pe bază de TiCN la care au fost adăugate trei elemente diferite de aliere (Nb, Zr și Si), referitoare la: compoziția elementală și fazică, legăturile chimice, structura cristalină, morfologia în secțiune, duritatea, modulul de elasticitate, aderența la substrat, performanțele tribologice și anticorozive. Capitolul conține două subcapitole. În subcapitolul 5.1 sunt prezentate straturile de TiCN, respectiv TiCN cu adaos de Nb, Ti sau Si, obținute prin metoda de evaporare cu arc catodic. Condițiile de depunere au fost selectate astfel încât raportul $C/N \approx 0,5$, iar raportul $(C+N)/\text{element de aliere}$ să fie apropiat de 1. Pentru subcapitolul 5.2 sunt prezentate aceleași tipuri de straturi enumerate, condițiile de depunere fiind selectate astfel încât raportul $C/N \approx 2$. Pentru determinarea performanțelor tribologice ale straturilor investigate au fost realizate teste atât în aer la temperatura ambiantă (23°C) în condiții de umiditate controlată (50%), cât și la temperatura de 250°C

Capitolul VI este consacrat prezentării detaliate a obținerii prin metoda de evaporare cu arc catodic în atmosferă reactivă a straturilor de ZrCN, cu și fără adaos de Cr și Si, acestea fiind considerate elemente de aliere. De asemenea, sunt prezentate rezultatele experimentale privind caracterizarea acestora din punct de vedere al compoziției elementale și al proprietăților microchimice, microstructurale, mecanice, tribologice și anticorozive.

Capitolul VII prezintă un studiu detaliat al straturilor de TiSiC cu elemente de aliere Zr și Cr depuse prin metoda cu arc catodic în atmosferă reactivă. Sunt analizate straturile de TiSiC cu cele două elemente de aliere (Zr și Cr) obținute în atmosferă reactivă de CH₄. Este prezentată caracterizarea straturilor din punct de vedere al compoziției elementale și fizice, structuri cristaline, proprietăților morfologice, mecanice, a performanțelor tribologice și anticorozive. Capitolul final de **Concluzii și Contribuții personale** reprezintă o sinteză a principalelor rezultate experimentale obținute în cadrul tezei de doctorat, fiind subliniate contribuțiile personale ale autoarei, precum și o prezentare a unor informații legate de posibilitățile de valorificare a rezultatelor.