



**UNIVERSITATEA DIN PETROȘANI**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ**



## **REZUMAT TEZĂ DE DOCTORAT**

### **CERCETĂRI PRIVIND CONTROLUL NEDISTRUCTIV UTILIZAT LA DIAGNOSTICAREA DEFECTELOR UTILAJELOR DE EXPLOATARE A LIGNITULUI**

**Coordonator:**

**Prof.univ.dr.ing. Popescu Florin Dumitru**

**Doctorand:**

**Fiz. Banciu (David) Rodica**

**2024**

# CUPRINSUL REZUMATULUI TEZEI DE DOCTORAT

## CUPRINS

1. CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT .....	3
2. CUVINTE CHEIE.....	6
3. INTRODUCERE .....	6
4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI FINALE .....	8

# 1. CUPRINSUL TEZEI DE DOCTORAT

## INTRODUCERE

CAPITOLUL 1 SISTEME DE EXPLOATARE A LIGNITULUI CU ACȚIUNE CONTINUĂ	11
1.1 Utilaje cu rotor folosite în bazinul carbonifer Oltenia	11
1.1.1 Excavator cu roată portcupe tip ERc 1400-30/7	12
1.1.2 Excavator cu roată portcupe tip SRs 2000-30/7	16
1.1.3 Excavator cu roată portcupe tip SRs 1300x26/3,5	19
1.2 Utilaje utilizate în depozitele de cărbune	22
CAPITOLUL 2 NOȚIUNI TEORETICE PRIVIND STRUCTURA CRISTALINĂ ȘI COROZIUNEA METALELOR	26
2.1 Materiale utilizate la realizarea structurii portante a utilajelor	26
2.1.1 Analiza fizică a degradării materialelor folosite la utilajele miniere de suprafață	28
2.1.2 Comportamentul real al materialelor	28
2.1.3 Defecte în cristale	30
2.2 Tipuri de coroziune	39
2.2.1 Clasificarea coroziunii în raport cu distribuția atacului	39
2.2.1.1 Coroziunea uniform	40
2.2.1.2 Coroziunea localizată	40
2.2.2 Clasificarea tipurilor de coroziune în funcție de mediul în care are loc atacul	42
2.2.2.1 Fenomenul de coroziune produs în medii naturale	43
2.3 Metode de protecție împotriva coroziunii	47
2.3.1 Metode de protecția împotriva coroziunii prin reducerea agresivității mediului	47
2.3.1.1 Îndepărtarea O <sub>2</sub> și CO <sub>2</sub> . Modificarea pH-ului	47
2.3.1.2 Utilizarea inhibitorilor de coroziune	49
2.3.2 Protecția realizată prin mărirea rezistenței la coroziune a metalelor	52
2.3.3 Protecția la coroziune utilizând metode electrochimice	54
2.3.3.1 Protecția catodică cu curent exterior	55
2.3.3.2 Protecția catodică cu anod de sacrificiu	57
2.3.3.3 Protecția anodică cu curent exterior	57
2.3.3.4 Protecția anodică cu catod protector	58
2.3.4 Protecția împotriva coroziunii prin acoperirea suprafețelor de protejat	58
2.3.4.1 Acoperiri metalice	58
2.3.4.2 Acoperirile nemetalice	59

CAPITOLUL 3 METODE DE INVESTIGARE NEDISTRUCTIVĂ A STRUCTURII PORTANTE LA UTILAJELE CU ROATĂ PORT CUPE	60
3.1 Metode de analiză nedistructivă folosite la verificarea structurii portante	60
3.1.1 Defectele utilajelor și instalațiilor. Moduri de determinare	60
3.2 Clasificarea metodelor industriale de control nedistructiv	61
3.3 Discontinuități și defecte la piesele turnate, forjate, laminate și la îmbinări sudate	65
3.3.1 Analiza nedistructivă a structurilor – definiții, termeni	66
3.3.2 Deficiențe ale utilajelor de excavare / depunere din carierele de lignit	67
3.3.3 Controlul vizual al elementelor portante ale utilajelor de carieră	74
3.3.3.1 Principiul fizic al controlului vizual	74
3.3.3.2 Pregătirea suprafeței de lucru	74
3.3.3.3 Echipamente necesare	77
3.3.4 Controlul cu lichide penetrante	80
3.3.4.1 Bazele fizice ale metodei cu lichide penetrante	81
3.3.4.2 Etapele controlului cu lichide penetrante	82
3.3.5 Controlul sudurilor și a grosimii materialelor cu tehnologii ultrasonice	87
3.3.5.1 Principiul fizic al analizei cu ultrasunete	87
3.3.5.2 Generarea ultrasunetelor	90
3.3.5.3 Traductoare cu ultrasunete (sonde)	92
3.3.5.4 Tipuri de traductoare cu ultrasunete	94
3.3.5.5 Analiza puls-ecou (metoda impulsului reflectat)	96
3.3.5.6 Principalele scheme de examinare cu ajutorul traductoarelor	97
3.3.5.7 Măsurarea grosimii cu ajutorul ultrasunetelor	99
3.3.6 Aparatul pentru măsurarea grosimii. Schema bloc de principiu	99
3.4 Analiza nedistructivă a unor componente ale excavatorului cu roată portcupe de tip ERc 1400-30/7	101
3.4.1 Analiza tehnică a utilajelor de excavare de tip ERc 1400-30/7	102
3.4.2 Aparatura utilizată la realizarea controlului nedistructiv	103
3.4.3 Control vizual – Studiu de caz	105
3.4.4 Analiza cu ultrasunete a grosimilor de material – Studiu de caz	106
3.4.5 Analiza cu ultrasunete a sudurilor de rezistență – studiu de caz	108
3.4.6 Analiza sprijinului sferic cu lichide penetrante – studiu de caz	110
3.5 Concluzii parțiale	110

CAPITOLUL 4 CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL COROZIUNII ȘI INFLUENȚA ACESTEIA ASUPRA STRUCTURII UTILAJELOR CU ROTOR	113
4.1 Tipuri de coroziuni înregistrate la utilajele din exploatarea miniere la zi	113
4.1.1 Coroziunea generală a utilajelor din exploatarea miniere la zi	115
4.1.2 Coroziunea de tip pitting a utilajelor din exploatarea miniere la zi	116
4.1.3 Coroziunea în crăpături a utilajelor din exploatarea miniere la zi	119
4.1.4 Coroziunea prin frecare a utilajelor din exploatarea miniere la zi	121
4.2 Fisurarea cauzată de mediul înconjurător	122
4.2.1 Fisurarea prin coroziune sub tensiune	123
4.2.2 Oboseala generată de coroziune	125
4.3 Evaluarea coroziunii cu metoda ultrasonică	127
4.4 Studiu de caz – Analiza coroziunii ecliselor de prindere prin măsurători cu ultrasunete	128
4.5 Concluzii parțiale	132
CAPITOLUL 5 MODELAREA COROZIUNII DE TIP PITTING	134
5.1 Considerații generale privind simularea coroziunii de tip pitting	135
5.2 Realizarea modelului supus simulării	136
5.2.1 Realizarea geometriei modelului	138
5.2.2 Distribuția curentului terțiar, Nernst-Planck (TCD)	139
5.2.3 Realizarea rețelei de elemente finite	144
5.2.4 Stabilirea caracteristicilor studiilor efectuate	146
5.3 Rezultate obținute	147
5.3.1 Densitatea curentului de dizolvare a fierului	147
5.3.2 Potențialul electrolitului	150
5.3.3 Tensiunea electrodului în raport cu referința adiacentă	153
5.3.4 pH-ul electrolitului	155
5.3.5 Concentrația fierului	159
5.3.6 Concentrația clorului	162
5.3.7 Concentrația sodiului	165
5.4 Concluzii parțiale	168
CONCLUZII	169
BIBLIOGRAFIE	175

## 2. CUVINTE CHEIE

Coroziunea metalelor, metode de investigare neinvazivă, utilaje cu roată port cupe, control nedistructiv, coroziune de tip pitting

## 3. INTRODUCERE

Tema tezei de doctorat intitulată *CERCETĂRI PRIVIND CONTROLUL NEDISTRUCTIV UTILIZAT LA DIAGNOSTICAREA DEFECTELOR UTILAJELOR DE EXPLOATARE A LIGNITULUI* abordează un subiect important pentru industria minieră în contextul exploatărilor de lignit din bazinele carbonifere din Oltenia. Utilizarea eficientă și sigură a utilajelor de exploatare este esențială pentru optimizarea operațiunilor miniere și reducerea riscurilor asociate cu funcționarea acestora.

În bazinele carbonifere din Oltenia exploatarea lignitului se realizează prin intermediul sistemelor de excavare cu acțiune continuă care includ excavatoare cu rotor pentru descopertă, transportoare cu bandă de mare capacitate, mașini de haldat pentru depunerea sterilului precum și utilaje pentru manipularea cărbunelui. Aceste sisteme complexe necesită o monitorizare constantă și metode eficiente de diagnosticare pentru a asigura performanța și fiabilitatea lor.

Teza de față își propune să investigheze metodele de control nedistructiv aplicate în diagnosticarea funcționării utilajelor de exploatare a lignitului. Controlul nedistructiv reprezintă un ansamblu de tehnici care permite evaluarea stării tehnice a structurilor și componentelor fără a provoca deteriorări sau disfuncționalități ale acestora. Prin utilizarea acestor metode se pot identifica și analiza defectele și degradările apărute în timpul exploatării utilajelor, fapt care contribuie la prelungirea duratei de viață a utilajelor și la prevenirea accidentelor.

Cercetarea se concentrează pe analiza utilajelor folosite în cadrul exploatărilor la suprafață din bazinul Oltenia. Un accent deosebit se pune pe analiza excavatoarelor cu rotor care sunt esențiale în procesul de descopertare și extracție a lignitului. S-au evaluat în detaliu caracteristicile tehnice ale acestor utilaje, soluțiile de modernizare aplicate precum și impactul acestora asupra eficienței și siguranței operaționale.

De asemenea în teză sunt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate asupra diferitelor tehnici de control nedistructiv cum ar fi testarea cu ultrasunete, radiografia, termografia și alte metode avansate precum și modul în care acestea pot fi integrate în programele de întreținere preventivă și corectivă a utilajelor. În aceste condiții s-a urmărit aducerea unor contribuții semnificative la îmbunătățirea practicilor de diagnosticare și mentenanță în industria minieră.

Scopul final l-a constituit optimizarea proceselor de exploatare și de reducere a costurilor operaționale.

Rezultatele cercetării sunt importante în industria minieră din România dar și pentru alte regiuni unde se utilizează tehnologii similare pentru exploatarea resurselor minerale. Prin implementarea eficientă a tehnicilor de control nedistructiv se poate asigura o exploatare sustenabilă și responsabilă a resurselor naturale contribuind astfel la dezvoltarea economică durabilă și la protejarea mediului înconjurător.

Din punct de vedere structural teza de doctorat cuprinde 5 capitole de conținut, introducere, concluzii și contribuții originale precum și lista bibliografică a lucrărilor citate.

În Capitolul 1 intitulat *SISTEME DE EXPLOATARE A LIGNITULUI CU ACȚIUNE CONTINUĂ* sunt descrise acest tip de sisteme de exploatare utilizate în bazinele carbonifere din Oltenia. Se pune accent pe utilizarea excavatoarelor cu rotor, transportoarelor cu bandă și mașinilor de haldat pentru gestionarea sterilului și lignitului. În Oltenia, echipamentele folosite au durate de funcționare de peste 20 de ani și au fost modernizate pentru a îmbunătăți eficiența și siguranța operațională. Capitolul detaliază caracteristicile și funcționarea principalelor tipuri de excavatoare: ERc 1400-30/7, SRs 2000-30/7 și SRs 1300-26/3,5, evidențiind structura lor complexă și componenta inovativă adusă prin modernizări. De asemenea sunt prezentate utilajele pentru scoaterea și depunerea cărbunelui, subliniind necesitatea utilizării metodelor de control nedistructiv pentru diagnosticarea și întreținerea acestor echipamente.

Capitolul 2 intitulat *NOȚIUNI TEORETICE PRIVIND STRUCTURA CRISTALINĂ ȘI COROZIUNEA METALELOR* prezintă noțiuni teoretice privind structura cristalină și coroziunea metalelor, cu accent pe materialele utilizate pentru structurile portante ale utilajelor miniere. Sunt prezentate de asemenea oțelurile utilizate și standardele asociate acestora subliniindu-se importanța compoziției chimice și caracteristicilor mecanice. S-a analizat procesul de degradare fizică a materialelor, inclusiv deformarea elastică, plastică și ruperea și au fost descrise tipurile de rețele cristaline și defectele asociate acestora. Capitolul abordează de asemenea fenomenul de coroziune a metalelor clasificând tipurile de coroziune în funcție de distribuția atacului și mediul în care se produce. S-au detaliat metodele de protecție împotriva coroziunii, inclusiv utilizarea inhibitorilor și protecția electrochimică subliniind astfel importanța prevenirii deteriorării în vederea prelungirii duratei de viață a utilajelor miniere.

În Capitolul 3 al tezei intitulat *METODE DE INVESTIGARE NEDISTRUCTIVĂ A STRUCTURII PORTANTE LA UTILAJELE CU ROATĂ PORT CUPE* s-au analizat metodele de investigare nedistructivă aplicate acestui tip de structuri utilizate în industria minieră. De asemenea au fost prezentate tehnicile de diagnosticare precum defectoscopia care include testarea cu lichide penetrante, pulberi magnetice, radiografie și ultrasunete. În acest capitol au fost detaliat tipurile de defecte care pot să apară la utilaje, inclusiv defecte de concepție, execuție și montaj. De asemenea a fost subliniată importanța identificării și evaluării acestora în vederea prevenirii avariilor și prelungirii duratei de

viață a echipamentelor. S-a pus accent pe rolul inspecțiilor vizuale și a metodelor avansate de control pentru asigurarea siguranței și eficienței operaționale.

În cadrul Capitolului 4 intitulat *CONTROLUL NEDISTRUCTIV AL COROZIUNII ȘI INFLUENȚA ACESTEIA ASUPRA STRUCTURII UTILAJELOR CU ROTOR* s-a examinat controlul nedistructiv al coroziunii și influența acesteia asupra structurilor utilajelor cu rotor utilizate în exploatarea miniere. Au fost analizate diverse tipuri de coroziune cum sunt coroziunea generală, coroziunea de tip pitting, coroziunea în crăpături și coroziunea prin frecare, detaliind cauzele și efectele fiecăruia asupra integrității structurale. Metodele de evaluare nedistructivă precum ultrasonografia au fost analizate pentru detectarea și cuantificarea deteriorărilor cauzate de coroziune. Capitolul include un studiu de caz privind analiza ecliselor de prindere ale reazemelor excavatoarelor ERc1400-30/7 evidențiind tehnicile utilizate pentru măsurarea grosimii și evaluarea stării de degradare a materialelor.

În Capitolul 5 intitulat *MODELAREA COROZIUNII DE TIP PITTING* a fost prezentată modelarea coroziunii de tip pitting. Acest proces de coroziune este unul de tip localizat care afectează suprafețele metalice prin formarea de cavități. Au fost analizate mecanismele de extindere ale acestor tipuri de cavități prin simulări cinetice care au inclus transferul de masă și deformarea geometrică a modelului supus simulării. Simularea a fost realizată în aplicația Comsol Multiphysics și a implicat analiza unor reacții chimice precum reducerea oxigenului și oxidarea fierului care au condus la formarea hidroxidului de fier în cavitatea supusă simulării. Modelarea și simularea coroziunii pe o perioadă de 40 de zile a utilizat o serie de variabile precum salinitatea, pH-ul și temperatura electrolitului. Rezultatele obținute demonstrează creșterea densității curentului de dizolvare a fierului și variația pH-ului în timp evidențiind astfel importanța acestora în accelerarea procesului de coroziune în cavități.

#### **4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI FINALE**

În cadrul Tezei de doctorat este abordat un subiect important pentru activitatea de exploatare a lignitului din bazinele carbonifere din Oltenia. Prin rezultatele obținute în urma cercetărilor s-a urmărit reducerea riscurilor de exploatare a utilajelor cu acțiune continuă precum și optimizarea operațiunilor miniere în care acestea sunt implicate.

În categoria utilajelor cu acțiune continuă sunt incluse excavatoarele cu rotor pentru descoperță, transportoarele cu bandă de mare capacitate, mașinile de haldat pentru depunerea sterilului precum și utilajele folosite pentru manipularea cărbunelui. Complexitatea utilajelor enumerate anterior impune o monitorizare continuă prin metode de diagnosticare care să asigure performanța și fiabilitatea acestora. Deoarece în bazinul carbonifer Oltenia utilajele folosite pentru extragerea lignitului înregistrează o



durată de funcționare mai mare de 20 ani, acestea fiind realizate în perioada 1975-1990, cu atât mai mult este necesară acțiunea de diagnosticare și monitorizare a potențialelor defecte.

În vederea stabilirii volumului de muncă necesar activității de diagnosticare și monitorizare a defectelor care pot să apară în urma exploatării utilajelor care au în componență structuri metalice portante s-a realizat inventarierea acestor utilaje prezentându-se totodată și caracteristicile constructive și funcționale.

Pentru o mai bună înțelegere a fenomenului de degradare a materialelor folosite la utilajele miniere de suprafață s-au analizat deformările de tip elastic (reversibile), deformările de tip plastic (ireversibile) precum și fenomenul de rupere. Deoarece structurile portante ale utilajelor din exploatarea miniere la zi sunt construite din metale s-a analizat structura de cristalizare cubică cu fețe centrate, cubică cu volum centrat și hexagonală compactă. Modificarea proprietăților mecanice ale metalelor se realizează prin aliere. Procesul de aliere presupune modificarea structurii cristaline ideale a metalului producându-se imperfecțiuni ale acestuia care din punct de vedere al stabilității în timp sunt imperfecțiuni dinamice și statice. Imperfecțiunile statice pot din punct de vedere geometric punctiforme și liniare sau dislocații. Deoarece dislocațiile pot contribui la creșterea durității și rezistenței la rupere a unui material numită și întărire prin dislocare au fost prezentate dislocațiile marginale și pozitive. Definierea cantitativă a deformării rețelelor cristaline la apariția dislocațiilor este determinată cu ajutorul vectorului Burgers. În urma analizei efectuate s-a ajuns la concluzia că vectorul Burgers pentru o dislocație marginală este normal la linia de dislocare iar pentru o dislocație elicoidală este paralel cu linia de dislocare.

La utilajele miniere, structurile metalice din componență sunt supuse deteriorării prin coroziune sub acțiunea reacțiilor chimice sau electrochimice cauzată de mediul agresiv în care acestea operează. În aceste condiții contactul dintre oxigenul din atmosferă și materialul excavat conduce la reacții chimice cu hidrogenul și carbonul prezente în lignit rezultând dioxid de carbon, sulf și vapori de apă care afectează suprafețele metalice expuse ale utilajelor putând determina în final scoaterea din funcțiune a acestora.

Studiul fenomenului de coroziune a permis clasificarea coroziunii în raport cu distribuția atacului și în funcție de mediul în care are loc atacul.

Au fost prezentate principalele metode de protecție a metalelor împotriva coroziunii în funcție de modul lor de acțiune. S-au detaliat următoarele: metoda de reducere a agresivității mediului, metoda de creștere a rezistenței la coroziune a metalelor și a aliajelor, metoda de protecție electrochimică precum și metoda de protecție bazată pe acoperirea suprafețelor utilajelor.

Tehnicile de investigare prin metode nedistructive sunt cele mai des utilizate în analiza defectelor structurilor portante ale utilajelor din exploatarea miniere de suprafață. Acestea au caracteristic faptul

că materialul supus testării nu este distrus și poate fi refolosit. Ansamblul tehnicilor de control nedistructiv se mai numește și defectoscopie.

La apariția unui defect este importantă identificarea originii acestuia în vederea eliminării cauzei care l-a generat. Astfel defectele pot fi clasificate în defecte de concepție, defecte de execuție, defecte de montaj și defecte datorate exploatării necorespunzătoare a utilajelor.

Metodele de control nedistructiv depind de localizarea imperfecțiunilor. Astfel pentru imperfecțiuni localizate la suprafață, superficial până la câțiva milimetri adâncime (în exterior) se utilizează metoda nedistructivă cu lichid penetrant și metoda nedistructivă cu pulberi magnetice. Pentru imperfecțiunile complet incluse în secțiune (în interior) sunt utilizate metoda nedistructivă radiografică și metoda nedistructivă ultrasonică.

Utilajele folosite în exploatarea miniere la zi sunt supuse acțiunii factorilor meteorologici reprezentați de ploaie, vânt sau zăpadă și a celor chimici reprezentați de săruri, sulfuri sau alți compuși emanați de materialul excavat. Atât factorii meteorologici cât și cei chimici conduc în timp la degradarea structurală a elementelor portante, a mecanismelor și cablurilor prin coroziune.

Datorită unor tipuri de încărcări care pot provoca deformări sau loviri accidentale ale structurilor portante se poate reduce stabilitatea ansamblului portant și pot fi generate discontinuități sau fisuri. Monitorizarea stării elementelor portante și realizarea verificărilor tehnice periodice sunt esențiale pentru prevenirea acestor probleme.

Astfel controlul vizual este esențial în verificarea mecanismelor de siguranță și a elementelor portante care trebuie inspectate periodic cum ar fi controlul vizual al unei grinzi portante de la brațul roții port cupe. Scopul acestui control nedistructiv îl constituie detectarea defectelor vizibile la suprafața grinzii. În situația în care se identifică o problemă structurală se efectuează măsurarea deformației grinzii. Astfel, utilizarea instrumentelor și aparatelor de măsurare oferă informații suplimentare despre caracteristicile și calitatea componentelor testate.

O altă metodă de testare nedistructivă simplă și utilizată frecvent pentru detectarea defectelor de suprafață ale diferitelor materiale este inspecția prin lichide penetrante. Dezavantajul acestei metode de testare este că nu poate detecta defectele care nu sunt deschise la suprafață cum ar fi cele interne sau acoperite de vopsea sau alte substanțe. Cu toate acestea datorită costului redus și efortului minim implicat, această tehnică este eficientă fiind utilizată pe scară largă în diverse domenii. Metoda de detectare a defectelor prin lichide penetrante poate genera trei tipuri de indicații și anume: indicații concludente, indicații neconcludente și indicații false. În Teză a fost prezentat un studiu de caz în care s-a realizat inspecția cu lichide penetrante la subansamblele sprijin sferic, placă de prindere a stâlpului central și la grinda inelară ale excavatorului cu roată portcupe de tip ERc1400-30/7.

Pentru controlul sudurilor și grosimii elementelor constitutive ale structurilor portante se utilizează tehnologii bazate pe ultrasunete. În acest sens au fost prezentate principiul fizic al analizei cu ultrasunete, metoda de generare a ultrasunetelor, tipurile de transductoare (cu cuarț, cu titanat de bariu și zirconat de plumb) și modul de funcționare a transduoarelor cu ultrasunete.

Am participat la efectuarea lucrărilor de mentenanță periodică și a analizei tehnice pentru excavatorul de tip ERC 1400-30/7. Au fost utilizate metode nedistructive de diagnosticare a structurii portante a utilajului. Pentru început a fost verificată starea generală a ansamblului structural prin control vizual. Un al doilea tip de control care a fost utilizat este cel cu lichide penetrante. Pentru verificarea grosimii și integrității sudurilor s-a efectuat un control cu ultrasunete. În cadrul lucrării am prezentat aparatura utilizată pentru controlul cu ultrasunete.

Se poate concluziona că metodele de investigare nedistructivă a structurii portante a utilajelor cu roată port cupe permit detectarea defectelor în timp util evitându-se astfel scoaterea din funcțiune a echipamentelor urmată de întâzieri costisitoare provocate de activitățile de mentenanță și service.

De asemenea se poate concluziona că fiecare metodă de investigare nedistructivă prezintă avantaje cât și limitări. Alegerea celei mai eficiente metode depinde de natura și localizarea defectului. În aceste condiții este importantă evaluarea condițiilor de lucru, utilizarea tehnologiei adecvate și efectuarea unei monitorizări continue pentru asigurarea unei funcționări eficiente și sigure a utilajelor cu roată port cupe din carierele de lignit.

La utilajele folosite pentru extragerea lignitului în exploatările miniere la zi, fenomenul de coroziune este frecvent întâlnit datorită faptului că lignitul în contact cu oxigenul din aer conduce la formarea dioxidului de carbon/sulf și a vaporilor de apă. Se constată de asemenea că deteriorările produse prin coroziune au aproximativ aceeași distribuție pentru toate utilajele folosite în exploatările miniere la zi. Din acest motiv se poate concluziona că modalitățile de prevenire a deteriorărilor provocate de coroziune pentru aceste utilaje au un caracter de generalitate.

Neacceptarea evaluării degradării datorate coroziunii prin metode distructive care sunt bazate pe prelevarea de probe din structura portantă a utilajelor grele mobile conduce la concluzia că metodele nedistructive de analiză sunt singurele cu care se poate realiza evaluarea acestui fenomen pentru structurile portante ale utilajelor din exploatările miniere la zi.

S-a arătat că formele de atac ale coroziunii în funcție de gradul de detectabilitate se împart în trei grupe: coroziuni detectabile prin control vizual, coroziuni detectabile cu aparatură de investigare specială și coroziuni detectabile prin examinare microscopică. Au fost prezentate prin exemplificare pentru utilajele din exploatările miniere la zi coroziunea generală, coroziunea de tip pitting, coroziunea în crăpături și coroziunea prin frecare.

Utilizând metoda nedistructivă cu ultrasunete de evaluare a coroziunii s-a realizat un studiu de caz la eclisele reazemelor sferice ale șasiului de bază la patru excavatoare ERc1400-30/7 care operează în cadrul Societății Complexul Energetic Oltenia S.A –E.M.C. Roșia-Rovinari. Grosimea ecliselor conform proiectului tehnic este de 30 mm iar materialul din care sunt confecționate este oțel OL52-3k. Materialul excavat depus pe eclise reprezintă mediul corosiv. Analiza vizuală a ecliselor a scos în evidență că sub acțiunea mediului corosiv apare coroziunea prin exfoliere și coroziunea de tip pitting dezvoltată sub coroziunea de exfoliere. S-a constatat că la șuruburile de prindere care sunt pretensionate se manifestă coroziunea sub tensiune. Analiza cu ultrasunete a grosimii ecliselor a scos în evidență că fenomenul coroziunii determină reducerea grosimii acestora la toate cele patru excavatoare analizate. Totodată se poate concluziona că gradul de coroziune nu are valoare maximă pentru excavatorul cu cele mai multe ore de funcționare.

S-au utilizat metode informatice de modelare și simulare a coroziunii de tip pitting. Cavitățile locale care caracterizează acest tip de coroziune sunt inițiate ca urmare a defectelor de suprafață cum sunt neomogenitățile de compoziție sau de formă, fie ca urmare a unei acțiuni mecanice în urma căreia se generează o mică zgârietură. Creșterea dimensiunii cavității este influențată de tipul metalului, salinitatea, pH-ul și temperatura electrolitului apos care pătrunde aici. Înțelegerea procesului de coroziune de tip pitting este esențială pentru selecția adecvată a materialelor care sunt utilizate în medii susceptibile la acest tip de coroziune.

Au fost investigate mecanismele fundamentale de extindere a cavității prin simularea cinetică a electrodului, transferul de masă și deformarea geometriei cavității rezultate. În cazul coroziunii de tip pitting s-a pornit de la ipoteza că reacția de reducere a oxigenului are loc pe suprafața metalică în principal în afara cavității.

Simularea a fost realizată în aplicația Comsol Multiphysics. Aceasta a implicat analiza reacțiilor chimice precum reducerea oxigenului și oxidarea fierului care conduc la formarea hidroxidului de fier în cavitatea supusă simulării. În vederea simulării coroziunii de tip pitting pentru o perioadă de 40 de zile au fost utilizate o serie de variabile precum salinitatea, pH-ul și temperatura electrolitului.

Rezultatele obținute în urma simulării conduc la concluzia că densitatea curentului de dizolvare a fierului după 40 de zile este mai mare în interiorul cavității decât în exteriorul acesteia. Totodată apare o cavitate pronunțată de formă convexă dezvoltată sub suprafața metalică afectată.

O altă concluzie care se desprinde din analiza rezultatelor obținute se referă la faptul că pH-ul inițial cel mai scăzut este localizat în interiorul cavității în partea inferioară a acesteia având o valoare aproximativă de 9,53. La finalul procesului de simulare, pH-ul cel mai scăzut este de aproximativ 8,61 și corespunde tot părții inferioare a cavității. Se poate trage astfel concluzia că scăderea pH-ului

explică viteza crescută de dizolvare a electrodului de fier o dată cu trecerea timpului (rata de creștere în dimensiune a cavității).