



RAPORT DE INVESTIGARE

al incidentului feroviar
produs la data de 13.03.2008 în hm. Zăvideni



EDIȚIA finală
18 mai 2009

Organismul de Investigare Feroviar Român a desfășurat o acțiune de investigare în conformitate cu prevederile Legii nr. 55/2006 privind siguranța feroviară, în cazul incidentului feroviar produs la data de 13 martie 2008, în hm Zăvideni, luând în considerare faptul că acest caz face parte dintr-o serie de incidente relevante pentru întreg sistemul feroviar.

Prin acțiunea de investigare desfășurată au fost strânse și analizate informațiile în legătură cu producerea incidentului în cauză, au fost stabilite condițiile și determinate cauzele.

Acțiunea Organismului de Investigare Feroviar Român nu a avut ca scop stabilirea vinovăției sau a răspunderii în acest caz.

Organismul de Investigare Feroviar Român consideră necesar a fi luate o serie de măsuri corective în scopul îmbunătățirii siguranței feroviare și prevenirii accidentelor sau incidentelor, drept pentru care a emis în prezentul raport o serie de recomandări de siguranță.

București, 18 mai 2009

Director
Dragoș FLOROIU

CUPRINS

A. Introducere	4
B. Rezumatul incidentului	5
B.1. Descrierea pe scurt a incidentului	
B.2. Cauza directă	
B.3. Cauze subiacente	
B.4. Cauze primare	
B.5. Recomandări	
C. Incidentul feroviar	8
C.1. Descrierea incidentului	
C.2. Cadrul legal de desfășurare	
C.3. Circumstanțele evenimentului	
C.4. Urmările incidentului	
C.5. Circumstanțe externe	
D. Înregistrarea investigațiilor	10
D.1. Rezumatul mărturiilor personalului feroviar implicat	
D.2. Sistemul de management al siguranței	
D.3. Norme și reglementări	
D.4. Funcționarea materialului rulant și a instalațiilor tehnice	
D.5. Documentația privind sistemul de operare	
D.6. Evenimente anterioare cu caracter similar	
E. Analiză și Concluzii	18
E.1. Cauza directă	
E.2. Cauze subiacente	
E.2. Cauze primare	
F. Recomandări de siguranță	21
 Anexa 1 -	 Autoritatea Feroviară Română – AFER, Organismul Notificat Feroviar Român: Raport de încercări nr. 6060-007 din 12.12.2008 privind Încercări mecanice, control ultrasonic, control cu curenți turbionari, control cu lichide penetrante și analize metalografice pentru fus de osie rupt, cap B, în zona de racordare a degajării de detensionare (conjeu) cu zona de obturare, cu nr de ordine 14, șarja 311561, seria CFR 3836632, aparținând vagonului nr. 31535494306-2, implicat în evenimentul feroviar de la Zăvideni, produs la data de 13.03.2008.
 Anexa 2 -	 Universitatea Politehnica București, Centrul de Cercetări și Expertizări Eco – Metalurgice – ECOMET : Extinderea investigațiilor asupra suprafeței de rupere și a zonei adiacente suprafeței de rupere a osiei rupte la roata 5 a vagonului nr. 31535494306-2, aflat în compunerea trenului de marfă 41651, aparținând SNTFM CFR Marfă SA, implicat în accidentul feroviar din data de 13.03.2008 pe raza Sucursalei Regionale CFR Craiova.

A. INTRODUCERE

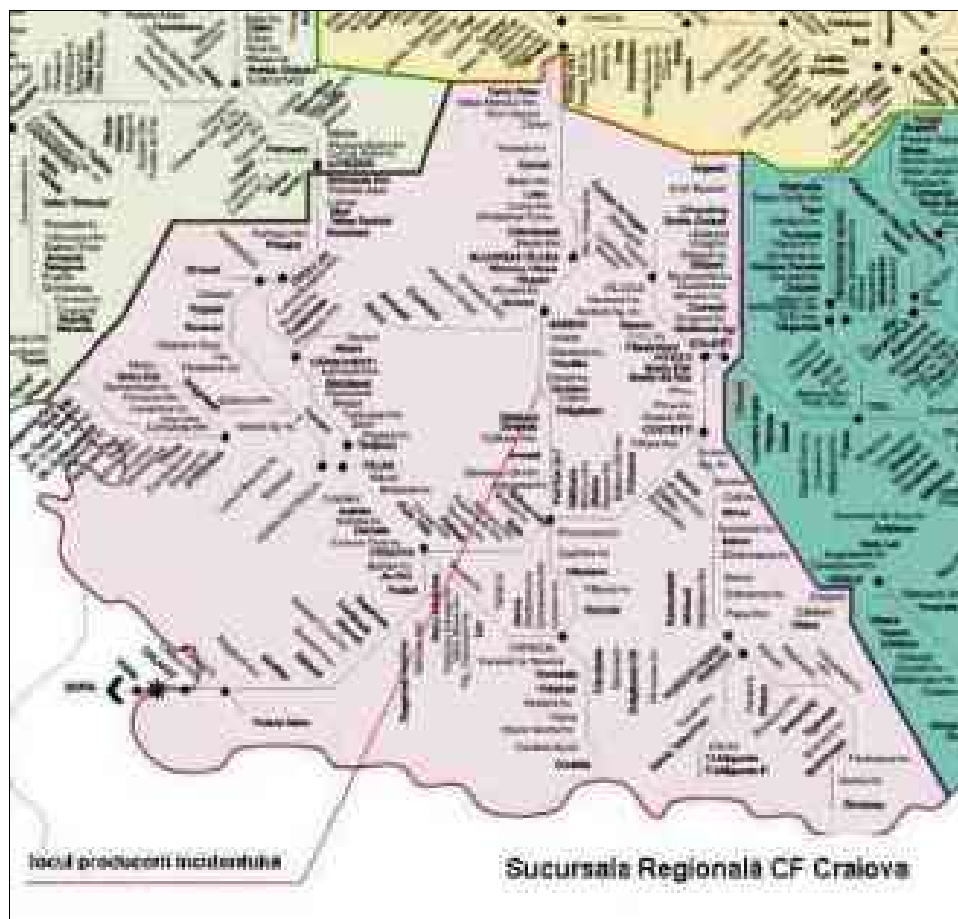
1. Organismul de Investigare Feroviar Român a declanșat acțiunea de investigare pentru incidentul feroviar produs la data de 13.03.2008, ora 03:00, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Craiova, în hm Zăvideni, prin ruperea fusului de osie de la roata 5, de la vagonul nr. 315354943062 (al 6-lea de la locomotivă), încărcat cu oxid de fier, aflat în compunerea trenului de marfă nr. 41651 aparținând SNTFM „CFR Marfă” SA, întrucât face parte dintr-o serie de evenimente similare cu relevanță pentru sistemul feroviar, produse în circulația trenurilor de marfă (în perioada 2004 – 2005 s-au produs un număr de 5 evenimente feroviare similare).
2. Acțiunea de investigare nu are ca scop stabilirea vinovăției sau a răspunderii și se desfășoară în paralel cu alte acțiuni de cercetare.
3. Faptele astfel produse se încadrează ca și incident feroviar conform prevederilor din Legea nr. 55/2006 privind siguranța feroviară, având relevanță pentru sistemul feroviar, drept pentru care directorul OIFR a luat decizia de a se desfășura o acțiune de investigare.
4. Prin decizia nr. 6 din 17.03.2008, a directorului OIFR, a fost numită comisia de investigare formată din:

Olaru Mihai	- investigator principal;
Ciobanu Eugeniu	- investigator
Zamfirache Marian	- investigator
Nicolescu Mircea	- investigator
5. Pentru determinarea cauzelor care au condus la ruperea fusului de osie Organismul de Investigare Feroviar Român a solicitat efectuarea unui Raport de Încercări în cadrul Serviciului Laboratoare al Autorității Feroviare Române. În urma acestui studiu (**Anexa 1**) au rezultat o serie de parametri și concluzii care nu a permis identificarea cauzelor ruperii fusului de osie. Ca urmare a obtinerii unor rezultate insuficiente, comisia de investigare a solicitat extinderea expertizelor, apelând astfel la Universitatea „POLITEHNICA” din București - Centrul de Cercetări și Expertizări ECO METALURGICE – ECOMET care a întocmit, în urma încercărilor efectuate, un Raport Tehnic prezentat în anexă (**Anexa 2**).

B. REZUMATUL INCIDENTULUI

B.1. Descrierea pe scurt a incidentului

La data de 13.03.2008, trenul de marfă nr. 41651, aparținând operatorului de transport feroviar SNTFM „CFR Marfă” SA, compus din 25 vagoane, remorcat de locomotiva diesel electrică DA 1241, a fost expedit din stația Piatra Olt la ora 01:32. Trenul a circulat pe baza de cale liberă până la stația Drăgășani, unde având comandă de trecere pe linia 1 directă a fost defilat de impiegatul de mișcare dispozitor care a observat la al 6-lea vagon de la locomotivă scântei la cel de-al doilea boghiu în sensul de mers.



Ca urmare impiegatul de mișcare (IDM) a avizat prin stația radio emisie recepție (RER) mecanicul locomotivei pentru oprirea trenului. După oprire mecanicul ajutor s-a deplasat la vagonul nr. 31535494306-2 (al 6-lea de la locomotivă), a verificat vizual starea vagonului, a verificat strângerea și slăbirea frânelor fără să constate nereguli.

După verificare trenul a fost pus în mișcare, mecanicul de locomotivă continuând să urmărească în oglinda retrovizoare vagoanele din compunere. După trecerea de P.O. Călina (zonă cu linia în pantă) observând scântei la vagoanele din compunere și sesizând că la trecerea controlerului pe poziția 0 viteza trenului nu crește, fiind avizat și prin stația RER de către IDM al hm Zăvideni a luat măsuri de oprire. La ora 03:00 trenul a fost oprit la linia I directă din hm Zăvideni.

La verificarea făcută după oprirea trenului de către mecanicul ajutor, împreună cu impiegatul de mișcare al hm Zăvideni s-a constatat la vagonul cu numărul 31535494306-2 (al 6-lea de la locomotivă), fusul de osie nr. 5 rupt.

Nu au fost persoane accidentate și nici pagube la linie, instalații sau la materialul rulant cu excepția vagonului cu nr. 31535494306-2.

Hm Zăvideni este amplasată pe secția de circulație Piatra Olt – Râmnicu Vâlcea, aparținând CNCF “CFR” SA Sucursala Regională de Cale Ferată Craiova.

B.2. Cauza directă

Cauza directă a producerii incidentului feroviar este ruperea osiei montate nr. 3836632, de la vagonul nr. 31535494306-2, în zona conjeului dintre fusul de osie și obturator ca urmare a scăderii rezistenței la oboseală a materialului, pe fondul dezvoltării de microfisuri în zonele cu densitate mare a rețelelor de sulfură de mangan (MnS).

B.3. Cauze subiacente

- Depășirea limitei admise pentru concentrația de sulf (valori determinate de 0,05 - 0,06 % față de limita maximă admisă 0,04 %) care a determinat formarea unor rețele discontinue de incluziuni de sulfură de mangan (MnS), cu influență negativă asupra proprietăților de rupere la oboseală ale materialului.
- Depășirea limitei admise pentru concentrația de cupru (valori de 0,35 – 0,37 % față de limita maximă admisă 0,3 %) și șirurile de incluziuni observate putând constitui amorse de rupere și amorse de coroziune a materialului, cu implicații defavorabile asupra rezistenței la oboseală.

B.4. Cauze primare :

Nerespectarea condițiilor minime impuse privind caracteristicile chimice ale osiilor axe stabilite în documentele de referință în vigoare la data fabricării (STAS 1947/1990 - Vagoane de cale ferată cu ecartament normal. Osii. Condiții tehnice generale de calitate și fișa UIC 811-1/1987- Compoziția chimică, încercări mecanice, Osii axe).

B.5. Recomandări de siguranță

În conformitate cu prevederile Legii nr. 55/2006, în scopul îmbunătățirii siguranței feroviare și a prevenirii unor accidente sau incidente similare, Organismul de Investigare Feroviar Român a formulat o serie de recomandări de siguranță:

1. Retragerea din circulație a tuturor osiilor din șarja nr. 311561 produsă de SC SMR SA Balș, din care face parte osia cu nr. 3836632 pentru nerespectarea condițiilor stabilite de fișa UIC 811-1/87-COMPOZIȚIA CHIMICĂ, ÎNCERCĂRI MECANICE, OSII AXE și rebutarea șarjei respective. SNTFM „CFR Marfă” SA, alți operatori de transport feroviar, precum și deținători de vagoane echipate cu osii din șarja nr. 311561 vor efectua acțiuni de verificare și se vor conforma prezentei recomandări.

2. Efectuarea unei acțiuni de control, de către operatorii de transport feroviar care au organizat compartimente de recepție tehnică, la furnizorii feroviari care elaborează materia primă pentru confecționarea elementelor metalice utilizate la piese și subansambluri de la aparatele vehiculelor feroviare, aparate ce concură la siguranța feroviară (aparatură de rulare – roți, osii, rulmenți și altele asemenea, aparatul de tracțiune și legare – cârlige, bare și altele asemenea, respectiv aparatul de ciocnire – tamponare, arcuri), prin care să se identifice cazurile în care nu sunt respectate procedurile proprii de elaborare a materialului. Concluziile acestei acțiuni de verificare precum și măsurile stabilite vor fi cuprinse într-un Raport care se va înainta Autorității Feroviare Române – AFER cel târziu în luna august 2009.

3. Cu ocazia acțiunilor de inspecție de stat programate de Autoritatea de Siguranță Feroviară Română se va urmări modul de implementare a sistemului de asigurare al calității la furnizorii feroviari care elaborează materia primă pentru confecționarea elementelor metalice utilizate la piese și subansambluri de la aparatele vehiculelor feroviare, aparate ce concură la siguranța feroviară (aparatură de rulare – roți, osii, rulmenți și altele asemenea, aparatul de tracțiune și legare – cârlige, bare și altele asemenea, respectiv aparatul de ciocnire – tamponare, arcuri).
4. Organismul Notificat Feroviar Român va evalua condițiile tehnice care au stat la baza acordării certificatului de omologare tehnic pentru osia montată tip AI produsă de SC SMR Balș SA.

C. INCIDENTUL FERROVIAR

C.1. Descrierea incidentului

La data de 13.03.2008, trenul de marfă nr. 41651, aparținând operatorului de transport feroviar SNTFM „CFR Marfă” SA, compus din 25 vagoane, 78 de osii, 750 tone, 364 m, remorcat de locomotiva diesel electrică DA 1241 a fost expedit din stația Piatra Olt la ora 01:32.

Revizia tehnică la compunere a trenului de marfă nr. 41651 a fost efectuată în stația Piatra Olt de către un revizor tehnic vagoane salariat al SNTFM „CFR Marfă” SA. Cu ocazia reviziei tehnice la compunere și a supravegherii prin defilare la expediere revizorul tehnic vagoane nu a constatat defecte care să pună în pericol siguranța circulației.

Trenul a circulat pe baza de cale liberă până la stația Drăgășani, fără alte observații.

Trenul de marfă nr. 41651 a avut comandă de trecere pe linia 1 directă din stația Drăgășani, a fost defilat de IDM dispozitor de serviciu, care a observat la al 6-lea vagon de la locomotivă scânteii la cel de-al doilea boghiu în sensul de mers. Ca urmare IDM s-a deplasat la biroul de mișcare și a avizat prin stația RER mecanicul locomotivei pentru oprirea trenului.

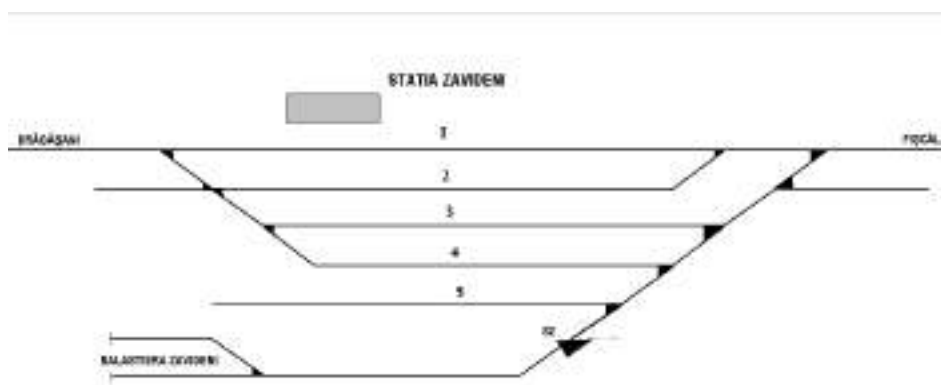
Mecanicul trenului 41651 la primirea avizării prin stația RER de la IDM din stația Drăgășani a luat măsuri pentru oprirea trenului și a dispus mecanicului ajutor să verifice vagoanele 5 și 6 din compunere.

După oprirea trenului în zona cabinei nr. 2 a stației Drăgășani mecanicul ajutor s-a deplasat la vagonul nr. 31535494306-2 (al 6-lea de la locomotivă), a verificat vizual starea vagonului, a verificat strângerea și slăbirea frânelor la vagonul menționat fără să constate nereguli.

După verificare trenul a fost pus în mișcare, la ora 02:54 mecanicul de locomotivă continuând să urmărească în oglinda retrovizoare vagoanele din compunere. Trenul a parcurs o distanță de aproximativ 285 m, după care mecanicul de locomotivă observând scânteii la vagoanele din compunere și sesizând că viteza trenului în loc să crească așa cum era normal (având în vedere că se afla în pantă și controlerul se afla pe poziția 0), scădea a luat măsuri de oprire. La ora 03:01 trenul a fost oprit la linia I directă din hm Zăvideni.

Mecanicul ajutor, împreună cu IDM al hm Zăvideni au verificat vagoanele din compunere și la al 6-lea vagon, cu numărul 31535494306-2, au constatat că fusul de osie nr. 5 este rupt iar cutia de osie corespunzătoare aceluiași fus se sprijinea pe piesa T.

Hm Zăvideni este dotată cu instalații de asigurare cu încuietori cu chei și bloc tip SBW.



C.2. Cadrul legal de desfășurare al investigării și motivele care au stat la baza emiterii deciziei de investigare a incidentului feroviar de către OIFR

În conformitate cu prevederile art. 19 din Legea nr. 55/2006 a fost înființat Organismul de Investigare Feroviar Român, organism permanent, independent în cadrul Autorității Feroviare Române – AFER, care desfășoară o investigare a accidentelor grave în sistemul feroviar, obiectivul acestuia fiind îmbunătățirea siguranței feroviare și prevenirea accidentelor. Organismul de Investigare Feroviar Român, poate investiga, în plus față de accidentele grave, acele accidente și incidente care în condiții ușor diferite ar fi putut duce la accidente grave, inclusiv defecțiuni tehnice ale subsistemelor structurale sau ale constituenților de interoperabilitate ai sistemelor feroviare de mare viteză sau convenționale europene.

Incidentul feroviar produs la data de 13.03.2008, ora 03:00 pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Craiova în hm Zăvideni prin ruperea fusului de osie de la roata 5, de la vagonul nr 315354943062 (al 6-lea de la locomotivă), încărcat cu oxid de fier, aflat în compunerea trenului de marfă 41651 aparținând SNTFM „CFR Marfă” SA face parte dintr-o serie de evenimente similare produse în circulația trenurilor de marfă cu relevanță pentru întregul sistem feroviar deoarece în perioada 2004 – 2005 s-au produs un nr. de 5 astfel de evenimente feroviare după cum urmează:

- evenimentul feroviar produs la data de 15.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate București, între stațiile Videle - Zăvestreni datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre obturator și zona de calare, de la osia montată nr. 3835171, tip AII, de la vagonul 31537965905-7;
- accidentul feroviar produs la data de 30.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Iași, în stația Cîmpulung Moldovenesc datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre obturator și zona de calare, de la osia montată nr. 3835112, tip AII, de la vagonul 31537965898-4;
- evenimentul feroviar produs la data de 31.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Craiova, între stațiile Zlătărei – Piatra Olt datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3835154, tip AII, de la vagonul 31537965885-1;
- accidentul feroviar produs la data de 15.08.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Galați, în stația Gugești datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3835162, tip AII, de la vagonul 31537965883-6;
- evenimentul feroviar produs la data de 20.01.2005, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Constanța, în stația Basarabi datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3834230, tip AII, de la vagonul 31535494033-2.

În temeiul articolului 19 alin (2) din Legea nr 55/2006 privind siguranța feroviară Organismul de Investigare Feroviar Român a decis întreprinderea unei investigații pentru incidentul feroviar produs la data de 13.03.2008, ora 03:00 pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Craiova în hm Zăvideni prin ruperea fusului de osie de la roata 5, de la osia 3, de la vagonul nr 315354943062 al 6-lea de la locomotivă, încărcat cu oxid de fier, aflat în compunerea trenului de marfă nr. 41651 aparținând SNTFM „CFR Marfă” SA.

C.3. Circumstanțele evenimentului

Personalul implicat în producerea și desfășurarea evenimentului

- revizorul tehnic de vagoane care a efectuat revizia tehnică la compunere a trenului de marfă 41651 este angajat al SNTFM „CFR Marfă” SA, Sucursala de Marfă Craiova – Revizia de Vagoane Piatra Olt;
- mecanicul de locomotivă și mecanicul ajutor care au asigurat conducerea trenului de marfă nr. 41651 de la formare în stația Piatra Olt până în hm Zăvideni sunt angajați ai SNTFM „CFR Marfă” SA, Sucursala de Marfă Craiova;
- IDM stația Drăgășani și IDM stația Zăvideni sunt angajați ai CNCF „CFR” SA, Sucursala Regională de Căi Ferate Craiova.

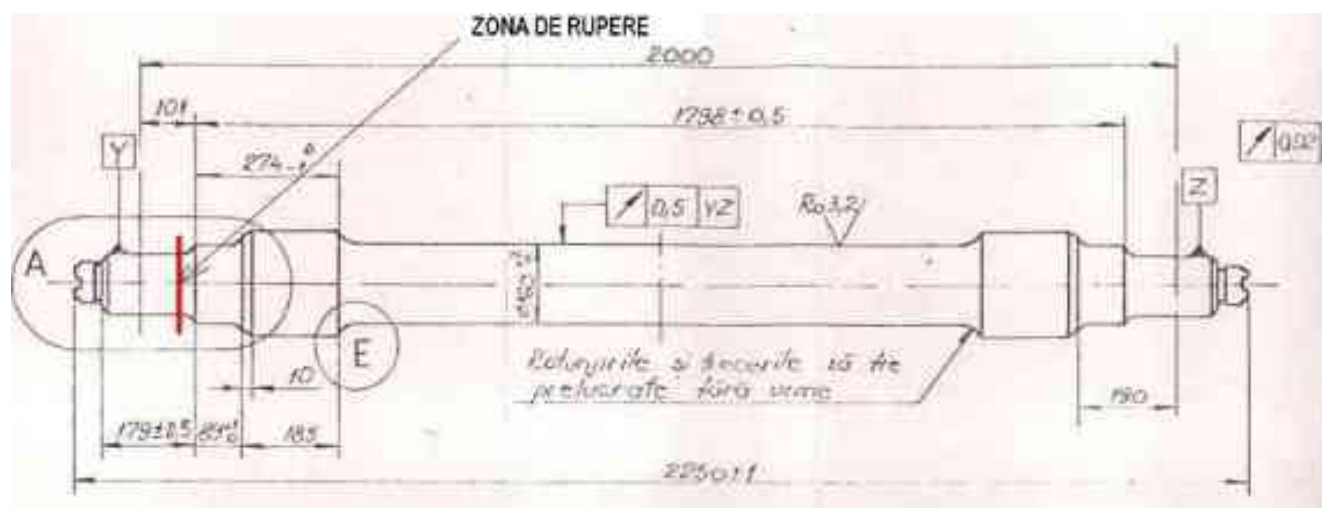
Infrastructura feroviară implicată, respectiv secția de circulație Piatra Olt – Râmnicu Vâlcea, este linie simplă neelectrificată în gestiunea CNCF „CFR” SA, Sucursala Regională de Căi Ferate Craiova.

Trenul de marfă nr. 41651 aparținând SNTFM „CFR Marfă” SA compus din 25 vagoane, 78 osii, 750 tone, cu o lungime de 364m, tonajul frânat real 617 tone cu plus 242 tone peste necesar s-a format în stația Piatra Olt.

Vagonul nr. 31535494306-2, este vagon de marfă descoperit autodescărcător tip Eacs, destinat transportului de mărfuri în vrac și mărfuri obișnuite fiind echipat cu boghiuri Y25Cs și frână automată tip KE-GP. Capacitatea de încărcare a vagonului este de 58 tone, sarcina pe osie fiind de 20 tone. Vagonul este proprietatea SNTFM „CFR Marfă” SA. Ultima reparație a vagonului - tip RK (reparație capitală) - s-a efectuat în luna iulie 2004 de SC MEVA SA Drobeta Turnu-Severin, care a echipat vagonul cu osii montate noi de la SC SMR SA Balș. În luna august 2007 vagonul a efectuat revizia rulării (RR) și revizia intermediară a frânei (RIF) la SC CFR IRV Constanța SA – Secția IRV Petroșani. La vagon s-a mai intervenit pentru efectuarea de reparații tip RC – reparații curente (în 12.10.2006 la Secția IRV Sibiu și 06.08.2007 la Secția IRV Petroșani ambele aparținând de același agent economic).

La verificările făcute la vagon în data de 14.03.2008 s-a constatat că la cutia de osie din capătul cu fusul de osie rupt (fusul de osie nr.5) unsoarea era în cantitate suficientă, cu aspect normal indicând o funcționare corectă a rulmenților, fără urme de încălzire anormală.

Osia cu nr. de înmatriculare în parcul CFR 3836632 cu numărul de ordine 14, face parte din șarja 311561 produsă de SC SMR SA Balș, osie tip AI. Ruperea osiei s-a produs într-o zonă situată la 217-219 mm față de capătul osiei, în plan perpendicular pe axa longitudinală a acesteia, pe racordarea dintre porțiunea de montaj a rulmentului WJ și obturator.



Pentru înlăturarea urmărilor incidentului feroviar a fost utilizat trenul cu vinciuri hidraulice și macaraua de 20 tf din Depoul de locomotive Craiova.

C.4. Urmările incidentului

C.4.1. Victime și accidentați

Nu au fost.

C.4.2. Pagube materiale:

- la materialul rulant, - osia ruptă a fost înlocuită cu cea furnizată de SC SMR SA Balș, osia fiind în termen de garanție;
- la linii și instalații - nu au fost;
- la mediu - nu au fost;
- costul mijloacelor de intervenție conform devizului nr. 34/18.03.2008 al SC Intervenții Feroviare SA = 8345,13 lei.

C.4.3. Întreruperi de circulație

Circulația nu a fost întreruptă ca urmare a producerii incidentului.

La data de 13.03.2008 au fost întârziate trenurile: nr. 820 cu 3 minute, nr. 1828 cu 3 minute și nr. 93321 cu 23 minute.

C.5. Circumstanțe externe

În data de 13.03.2008, în intervalul de timp 01:00 - 04:00 vizibilitatea a fost foarte bună, vânt slab, temperatura a fost de aproximativ 10⁰ C, cer senin.

D. ÎNREGISTRAREA INVESTIGAȚIILOR

D.1. Rezumatul mărturiilor personalului feroviar implicat

Revizorul tehnic de vagoane [RTV], care a efectuat revizia tehnică la compunere a trenului de marfă nr. 41651 de serviciu în data de 12/13.03.2008 în Revizia de Vagoane Piatra Olt a declarat următoarele:

- la trenul de marfă nr. 41651 a efectuat revizia tehnică la compunere, ocazie cu care s-a executat și proba completă de frână;
- la vagonul nr. 31535494306-2 nu s-au constatat defecte și nu s-a intervenit;
- cu ocazia supravegherii prin defilare la expediere nu s-au constatat defecte la vagoanele din compunere.

Cu ocazia deplasării în Hm Zăvideni, după producerea evenimentului RTV a constatat că:

- fusul de osie nr. 5 nu prezenta indicii de supraîncălzire;
- cutia de osie de la fusul rupt rămăsese fixată în piesa limitatoare "T".

Mecanicul locomotivei DA 1241 aflată în remorcarea trenului nr. 41651 a declarat următoarele:

- la trecerea prin stația Drăgășani IDM al stației l-a avizat că la vagoanele 5 sau 6 din compunere "ies scânteii";
- a luat măsuri de frânare și oprire a trenului și a cerut mecanicului ajutor să verifice cele 2 vagoane din compunere;
- după ce mecanicul ajutor a făcut verificarea vagoanelor a pus trenul în mișcare și a continuat mersul până la hm Zăvideni, urmărind comportarea vagoanelor din compunere;
- la coborâre dinspre PO Călina la intrare în hm Zăvideni a observat scânteii în oglinda retrovizoare și a sesizat că viteza trenului scădea deși controlerul era pe poziția 0 și trenul se afla în coborâre cu frâna automată slăbită;
- a oprit în hm Zăvideni pentru verificarea trenului;
- a cerut mecanicului ajutor să verifice vagoanele din compunere și acesta i-a raportat că la vagonul nr. 31535494306-2 are fus de osie rupt.

Mecanicul ajutor al locomotivei DA 1241 aflată în remorcarea trenului nr. 41651 a declarat următoarele:

- la trecerea prin stația Drăgășani IDM al stației a avizat că la vagoanele 5 sau 6 din compunere "se observă scânteii";
- a făcut verificarea celui de-al 6-lea vagon din compunere în stația Drăgășani în prezența acarului de la cabina nr. 2 din stație, efectuând la acest vagon și o probă de frână;
- a comunicat mecanicului de locomotivă că trenul este în regulă și după punerea în mișcare a trenului a urmărit comportarea acestuia;
- la coborâre dinspre PO Călina spre hm Zăvideni pe partea dreaptă în sensul de mers a observat scânteii la vagoanele din compunere;
- la verificarea aceluiași vagon a depistat fusul de osie rupt.

Impiegatul de mișcare dispozitor de serviciu la data producerii evenimentului în stația CFR Drăgășani a declarat următoarele:

- a supravegheat prin defilare trenul 41651 care a avut comandă de trecere pe linia 1;
- a observat la vagonul nr. 31535494306-2, al 6-lea de la siguranță scânteii la ultimul boghiu;
- s-a deplasat în biroul de mișcare;
- a luat legătura prin stația RER cu mecanicul trenului nr. 41651, în vederea opririi trenului și a verificării vagonului anterior menționat;
- a primit confirmarea că trenul a fost oprit la ieșirea din stația Drăgășani în zona cabinei de mișcare nr. 2;

- acarul de la cabina nr. 2 din stația Drăgășani i-a transmis că mecanicul ajutor s-a deplasat la vagonul în cauză, l-a verificat și apoi trenul și-a continuat mersul;
- de asemenea, acarul de la cabina 2 i-a transmis prin stația RER faptul că după ce trenul a fost pus în mișcare și și-a sporit viteza a observat din nou scânteii la vagoanele din compunere, la distanță mare față de locul unde se afla (zona cabinei de mișcare nr. 2 a stației Drăgășani);
- a încercat din nou să ia legătura prin stația RER cu mecanicul trenului fără să reușească, astfel că a avizat IDM al hm Zăvideni pentru oprirea trenului și verificare.

Impiegatul de mișcare de serviciu la data producerii evenimentului în hm Zăvideni a declarat următoarele:

- a fost avizat de IDM din stația CFR Drăgășani că la trenul nr. 41651, la al 6-lea vagon de la siguranță „sar scânteii pe partea dreaptă a sensului de mers”;
- a solicitat prin stația RER mecanicului trenului nr. 41651 să oprească și s-a deplasat împreună cu mecanicul ajutor la vagonul nr. 31535494306-2, unde a constatat la a 3-a osie, pe partea dreaptă a sensului de mers fusul de osie rupt.

Acarul de serviciu la data producerii evenimentului la cabina nr. 2 a stației Drăgășani a declarat următoarele:

- trenul nr. 41651 cu comandă de trecere a oprit în zona cabinei nr. 2;
- mecanicul ajutor a verificat starea vagonului și apoi s-a deplasat la locomotivă, după care trenul a fost pus în mișcare;
- după punerea trenului în mișcare, „la distanță mare” a observat scânteii la vagoanele din compunere și a raportat acest lucru IDM din stația Drăgășani;

IDM din stația Arcești și cel din hm mișcare Zlătărei, acarul din Hm Zlătărei și păzitoarea de barieră care deservea postul de la trecerea la nivel de la km 236+158 (premergătoare stației Drăgășani) nu au observat nimic deosebit la defilarea trenului.

D.2. Sistemul de management al siguranței

Activitatea de revizie tehnică a trenurilor în cadrul SNTFM “CFR Marfă” SA, se desfășoară în baza „Instrucțiunilor privind revizia tehnică și întreținerea vagoanelor în exploatare” Nr. 250 aprobate prin Ordinul Ministrului Transporturilor Construcțiilor și Turismului nr. 1817 din 26.10.2005.

Controlul activităților proprii privind siguranța feroviară se desfășura la data producerii accidentului feroviar la operatorul de transport feroviar în baza Dispoziției nr. 5 din 13 februarie 2007 a Directorului General al SNTFM “CFR Marfă” SA.

În cadrul procesului de investigare nu s-au constatat deficiențe în sistemul de management al siguranței feroviare implementat la SNTFM „CFR Marfă” SA, care să aibă legătură de cauzalitate cu incidentul feroviar.

D.3. Norme și reglementări

Verificarea fusurilor de osie la producător pentru depistarea fisurilor s-a făcut prin două procedee nedistructive, respectiv:

- controlul ultrasonic al osiilor montate în baza „Instrucțiunilor pentru controlul ultrasonic al osiilor, roților monobloc și bandajelor noi” elaborată de REFER RA în anul 1993;
- controlul cu pulberi magnetice conform normelor interne ale SMR Balș.

Verificarea fusurilor de osie la acest tip de vagon în cadrul lucrărilor de mentenanță (RP și RR) se face printr-un singur procedeu nedistructiv, respectiv controlul ultrasonic, care s-a efectuat până la data de 15 aprilie 2008 conform „Instrucțiunilor pentru controlul ultrasonic în serviciu al osiilor montate de vagoane” elaborată de REFER RA în anul 1993.

D.4. Funcționarea materialului rulant și a instalațiilor tehnice

Starea infrastructurii, sistemului de semnalizare și comunicații:

- în hm Zăvideni la momentul producerii incidentului feroviar situația liniilor era următoarea
- linii libere: 5;
- linii ocupate: I, 2, 3 și 4;
- nu erau linii închise;
- starea semnalelor: bună, cu respectarea condițiilor de vizibilitate impuse de reglementările în vigoare;
- starea macazurilor: bună;
- starea aparatelor de centralizare: bună;
- starea aparatelor de telecomunicații: bună;
- starea liniei la locul și în apropierea locului evenimentului: în aliniament.

Vagonul nr. 31535494306-2 este vagon de marfă descoperit autodescărcător tip Eacs, destinat transportului de mărfuri în vrac și mărfuri obișnuite fiind echipat cu boghiuri Y25Cs și frână automată tip KE-GP. Capacitatea de încărcare a vagonului este de 58 tone, sarcina pe osie fiind de 20 tone. Vagonul este proprietatea SNTFM „CFR Marfă” SA. Ultima reparație a vagonului - tip RK (reparație capitală) - s-a efectuat în luna iulie 2004 de SC MEVA SA Drobeta Turnu-Severin. Conform inscripțiilor de pe vagon la cutia de osie care se afla montată pe fusul rupt s-a mai intervenit după reparația capitală în luna august 2007, când s-a efectuat RR (revizia rulării) la CFR IRV Constanța – Secția Petroșani. Cu ocazia verificării vagonului după producerea incidentului s-au constatat următoarele:

- cutia de osie nu mai prezenta sigiliile fabricantului și nici alte sigilii;
- au fost găsite placutele de identificare aferente suruburilor de pe capacul cutiei de osie pe care este poansonat fabricantul și numărul de parc al osiei;
- cutia prezenta o deformare și aspect de material topit urmare a frecării rezultate în urma ruperii;
- la desfacerea cutiei s-a constatat că exista unsoare în cantitate suficientă, cu aspect normal indicând o funcționare corectă a rulmenților, fără urme de încălzire anormală;
- la verificarea rulmenților în cutie s-a constatat că aceștia se roteau ușor.

Osia cu numărul de înmatriculare în parcul CFR 3836632 are numărul de ordine 14, face parte din șarja 311561, șarjă compusă dintr-un nr de 52 osii axe.

Din această șarjă osia axă cu nr. 16, a fost utilizată pentru probe și verificări distructive în SC SMR SA Balș. Desenul de execuție al osiei montate a fost A 920 M/1.

Osia cu nr. 3836632/16.07.2004 a fost livrată de SC SMR SA Balș cu următoarele documente:

- certificat de garanție nr. 268/16.07.2004 pentru 18 bucăți aparate de rulare cu sarcina de 20 t/ osie;
- fișa de măsurători osie axă / 15.07.2004 pentru osie CFR, 20 t, desen A 920 M/1;
- fișa de măsurători osie montată Ø 920 mm, CFR, cod SC-PI-01E/CFR, desen nr. A 920 M/0 pentru vagoane de marfă cu sarcina maximă de 20 t/osie /15.07.2004;
- buletin de control ultrasonic, raport nr. 15/09.07.2004;
- certificat de calitate pentru osii axă la controlul cu pulberi magnetice nr. 15/ 09.07.2004.

În exploatare ultimul control ultrasonic al osiei s-a efectuat la Secția IRV Petroșani cu ocazia efectuării reviziei rulării la vagonul nr. 315354943062. La verificările efectuate osia a corespuns, așa cum rezultă din fișa de măsurători a aparatului de rulare completată la data de 06.08.2008.

Ruperea osiei s-a produs într-o zonă situată la 217-219 mm față de capătul osiei, în plan perpendicular pe axa longitudinală a acesteia, pe racordarea dintre porțiunea de montaj a rulmentului WJ și zona inelului obturator.



Pentru determinarea cauzelor care au condus la ruperea fusului de osie Organismul de Investigare Feroviar Român a solicitat efectuarea unui Raport de Încercări în cadrul Serviciului Laboratoare al Autorității Feroviare Române AFER.

Întrucât dotarea tehnică a Serviciului Laboratoare nu a permis realizarea unor încercări din care să reiasă clar elementele care au dus la înrăutățirea proprietăților mecanice ale osiei (respectiv scăderea rezistenței la oboseală) raportul a fost extins ulterior prin realizarea de către Universitatea „POLITEHNICA” din București - Centrul de Cercetări și Expertizări ECO METALURGICE – ECOMET a unui Raport Tehnic.

În Raportul de Încercări realizat de Serviciul Laboratoare la solicitarea Organismului de Investigare Feroviar Român s-au evidențiat următoarele aspecte:

- suprafața de rupere prezintă o zonă de rupere progresivă (rupere la oboseală) de circa 60% și o zonă de rupere bruscă (cu smulgeri de material) de aproximativ 40%;
- în zona de rupere există o zonă cu material depus circular de culoare argintie, de formă neregulată cu lățimea între 2...6 mm și o bandă alăturată de culoare gri-închis de influență termică, cu lățimea de 8-10 mm;
- în zona de rupere există amorse marginale;
- la verificările prin control ultrasonic pe suprafața fusului nu s-au evidențiat defecte;
- la controlul cu lichide penetrante s-a evidențiat existența unei zone supraînălțate pe circumferința fusului la începutul degajării de detensionare (conjeului) atât pe fusul de osie rupt cât și pe celălalt capăt al osiei (fusul nerupt);
- după spălarea cu solvent urmată de un atac cu o soluție Nital 5% la examinarea vizuală s-a constatat existența unor zone înnegrite în zona conjeului;

- la controlul cu curenți turbionari s-a constatat că există o diferență de conductibilitate electrică pe suprafața fusului între zona conjeului și restul suprafețelor;
- s-a pus în evidență o diferență de duritate pe direcție radială pe o felie transversală a osiei între zonele influențate termic și materialul din mijlocul secțiunii.

În imediata vecinătate a rupturii a fost prelevată o felie transversală din osie pe care s-au făcut analize metalografice macro și microscopice cu următoarele concluzii:

- nu sunt segregatii de sulf, care să fi favorizat ruptura și nici defecte macro de tip fulgi, suprapuneri de material, segregatii, macroincluziuni;
- pe conturul secțiunii există o zonă influențată termic, fără întreruperi, de culoare închisă, pe o lățime de circa 4 mm;
- la suprafața cilindrică exterioară, pe conturul secțiunii s-a constatat la scară microscopică constituenți perlito-feritici cu aspect columnar, structură specifică unui material topit. La limita dintre această zonă cu structură specifică de material topit și zona în care s-a evidențiat structura specifică materialului de bază al osiei s-a depistat o microfisură de contracție la solidificare de circa 1,22 mm lungime.

Tot pe suprafața cilindrică exterioară, în zona influențată termic, pe fondul unei structuri feritice, s-a pus în evidență prezența unor șiruri de incluziuni nemetalice. Zona din materialul osiei prezintă structură cu grăunți perlito-feritici fin recristalizați, structură tipică unei recristalizări complete datorată unei acțiuni de natură termică.

Rezultatele probelor și examinărilor cuprinse în Raportul Tehnic efectuat la Universitatea „POLITEHNICA” din București - Centrul de Cercetări și Expertizări ECO METALURGICE – ECOMET au fost următoarele:

- referitor la probele din zona de rupere:
 - la o aspectare macrovizuală a suprafeței de rupere se constată că aceasta este caracteristică unui proces de rupere la oboseală cu amorse multiple;
 - aspectul suprafeței sugerează inițierea procesului de rupere în două zone și deci existența a cel puțin două amorse;
 - se observă propagarea radială a ruperii (sub formă de lentilă – caracteristică ruperii la oboseală);
 - deteriorarea suprafeței de rupere care a avut loc în timpul incidentului feroviar nu permite evidențierea clară a amorsoarelor de rupere;
 - din imaginile evidențiate cu microscopul electronic cu baleiaj se observă existența fronturilor de propagare a ruperii (caracteristică ruperii la oboseală);
 - existența în zona marginală a discului debitat din zona de rupere a unor aspecte microstructurale caracteristice unei regiuni de material topit local, în care se observă pori și microincluziuni.
- referitor la proba debitată din imediata apropiere a zonei de rupere:
 - s-a remarcat pe fondul microstructurii ferito-perlitice, existența incluziunilor de MnS distribuite în rețele, rețele care ajung și la suprafața fusului de osie;
 - astfel de incluziuni marginale pot constitui amorse de rupere a fusului, șirurile de incluziuni ce emerg în suprafață constituind regiuni preferențiale de propagare și dezvoltare a microfisurilor;
 - prin microanaliza de raze X dispersivă în energie (EDAX) s-a evidențiat distribuția elementelor Mn, S și Fe și favorizarea dezvoltării microfisurilor de către șirurile și rețelele de incluziuni de MnS.

Rezultatele analizei microcompoziției chimice prin spectrometrie de emisie optică realizate pe spectrometrul GNR metal LAB 75-80J a scos în evidență depășirea concentrației de sulf și cupru la probele debitate atât din zona de rupere cât și la cele din zona adiacentă.

Concluziile au fost următoarele:

- ruperea este o rupere la oboseală;
- factorii care au influențat ruperea sunt următorii:
 - existența în secțiune transversală pe fus a rețelelor discontinue de incluziuni MnS, ceea ce avut influență asupra proprietăților mecanice a materialului;
 - existența șirurilor de incluziuni (observate în secțiune transversală pe fus) ce emerg spre margine, ar fi putut constitui amorse de rupere și amorse de coroziune ale materialului;
 - sulful și cuprul sunt în concentrații mai mari decât limitele maxime admise ceea ce are următoarele implicații:
 - i. excedentul de sulf atrage mai mult mangan (formându-se incluziuni MnS) din ferita existentă în material și astfel sărăcirea feritei în mangan influențează negativ proprietățile de rupere la oboseală ale materialului;
 - ii. prezența cuprului peste limita superioară admisă este un factor defavorizant astfel, forjarea la temperaturi mai înalte de 1050°C poate duce la formarea fisurilor superficiale, datorită topirii constituentului bogat în Cu care se găsește sub stratul de arsură ca rezultat al oxidării oțelului și formării arsurii, stratul de oțel imediat de sub stratul de arsură îmbogățindu-se în Cu.

D.5. Documentația privind sistemul de operare

Măsurile luate de personal pentru controlarea traficului și semnalizare, schimbul de mesaje verbale în legătură cu evenimentul:

La trecerea prin stația Drăgășani, pe linia I directă, a trenului de marfă nr. 41651 impiegatul de mișcare dispozitor de serviciu a observat la supravegherea prin defilare că la al 6-lea vagon ies scânteii la prima roată în sensul de mers și a avizat prin stația RER mecanicul, pentru oprirea trenului.

După verificarea vagonului și punerea în mișcare a trenului IDM din hm Zăvideni a încercat din nou să ia legătura prin stația RER cu mecanicul trenului fără să reușească, astfel că a avizat IDM al haltei de mișcare Zăvideni pentru oprirea trenului și verificare.

IDM al hm Zăvideni a avizat prin stația RER mecanicul trenului nr. 41651 pentru oprire.

D.6. Interfața om –mașină –organizație

Programul de lucru aplicat la personalul implicat a fost de 8 ore pentru mecanicul de locomotivă, iar pentru personalul de mișcare și vagoane respectiv impiegații de mișcare și revizorul tehnic de vagoane, programul de lucru a fost în tură de 12h.

Circumstanțele medicale și personale:

- personalul de tracțiune, vagoane și mișcare de serviciu a fost apt medical și psihologic pentru funcția pe care o efectuau;
- personalul a fost verificat cu fiola alcooltest și s-a constatat că nu era sub influența băuturilor alcoolice.

D.7. Evenimente anterioare cu caracter similar

Incidentul feroviar face parte dintr-o serie de evenimente similare produse în circulația trenurilor de marfă cu relevanță pentru întregul sistem în perioada 2004 – 2005 respectiv 5 incidente feroviare după cum urmează:

- evenimentul feroviar produs la data de 15.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate București, între stațiile Videle - Zăvestreni datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre obturator și zona de calare, de la osia montată nr. 3835171, tip AII, de la vagonul 31537965905-7;
- accidentul feroviar produs la data de 30.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Iași, în stația Cîmpulung Moldovenesc datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre obturator și zona de calare, de la osia montată nr. 3835112, tip AII, de la vagonul 31537965898-4;
- evenimentul feroviar produs la data de 31.07.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Craiova, între stațiile Zlătărei – Piatra Olt datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3835154, tip AII, de la vagonul 31537965885-1;
- accidentul feroviar produs la data de 15.08.2004, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Galați, în stația Gugești datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3835162, tip AII, de la vagonul 31537965883-6;
- evenimentul feroviar produs la data de 20.01.2005, pe raza de activitate a Sucursalei Regionale de Căi Ferate Constanța, în stația Basarabi datorat ruperii fusului de osie în zona de racordare dintre fus și obturator, de la osia montată nr. 3834230, tip AII, de la vagonul 31535494033-2.

E. ANALIZĂ ȘI CONCLUZII

E. 1. Din analiza Raportului de Încercări realizat în cadrul Sevicei Laboratoare al Autorității Feroviare Române AFER nu s-a putut trage o concluzie clară referitoare la cauza ruperii osiei astfel:

- deși s-a pus în evidență existența în zona de rupere a unei zone cu material depus circular de culoare argintie, de formă neregulată cu lățimea între 2...6 mm și o bandă alăturată de culoare gri-închis de influență termică, cu lățimea de 8-10 mm combinate cu existența unei diferențe de conductibilitate electrică pe suprafața fusului între zona conjeului și restul suprafețelor la controlul cu curenți turbionari și o diferență de duritate pe direcție radială pe o felie transversală a osiei între zonele influențate termic și materialul din mijlocul secțiunii nu se poate stabili cu exactitate dacă influența termică s-a produs în timpul procesului de fabricare al osiei – axă sau dacă această influență a apărut ca urmare a frecării produse în momentul ruperii fusului de osie;
- întrucât suprafața de rupere prezintă o zonă de rupere progresivă (rupere la oboseală) de circa 60% și o zonă de rupere bruscă (cu smulgeri de material) de aproximativ 40%, deși conform aceluiași raport nu sunt segregatii de sulf, care să fi favorizat ruptura și nici defecte macro de tip fulgi, suprapuneri de material, segregatii sau macroincluziuni.

Având în vedere cele prezentate mai sus comisia de investigare a decis extinderea testelor la un laborator mai performant, ocazie cu care urmau să fie efectuate și analize privind compoziția chimică a materialului.

În raport cu criteriile de performanță a fost ales Centrul de Cercetări și Expertizări Eco Metalurgice – ECOMET din cadrul Universității „POLITEHNICA” din București.

E.2. Extinderea investigațiilor asupra suprafeței de rupere și a zonei adiacente suprafeței de rupere la Centrul de Cercetări și Expertizări Eco Metalurgice – ECOMET din cadrul Universității „POLITEHNICA” din București a condus la stabilirea cauzelor ruperii astfel:

- ruperea este o rupere la oboseală;
- factorii care au influențat ruperea sunt următorii:
 - existența în secțiune transversală pe fus a rețelelor discontinue de incluziuni MnS, ceea ce avut influență asupra proprietăților mecanice a materialului;
 - existența șirurilor de incluziuni (observate în secțiune transversală pe fus) ce emerg spre margine, ar fi putut constitui amorse de rupere și amorse de coroziune ale materialului;
 - sulful și cuprul sunt în concentrații mai mari decât limitele maxime admise ceea ce are următoarele implicații:
 - i. excedentul de sulf atrage mai mult mangan (formându-se incluziuni MnS) din ferita existentă în material și astfel sărăcirea feritei în mangan influențează negativ proprietățile de rupere la oboseală ale materialului;
 - ii. prezența cuprului peste limita superioară admisă este un factor defavorizant astfel, forjarea la temperaturi mai înalte de 1050°C poate duce la formarea fisurilor superficiale, datorită topirii constituentului bogat în Cu care se găsește sub stratul de arsură ca rezultat al oxidării oțelului și formării arsurii, stratul de oțel imediat de sub stratul de arsură îmbogățindu-se în Cu.

E.3. Cauza directă

Cauza directă a producerii incidentului feroviar este ruperea osiei montate nr. 3836632, de la vagonul nr. 31535494306-2, în zona conjeului dintre fusul de osie și obturator ca urmare a scăderii rezistenței la oboseală a materialului, pe fondul dezvoltării de microfisuri în zonele cu densitate mare a rețelelor de sulfură de mangan (MnS).

E.4. Cauze subiacente

- Depășirea limitei admise pentru concentrația de sulf (valori determinate de 0,05 - 0,06 % față de limita maximă admisă 0,04 %) care a determinat formarea unor rețele discontinue de incluziuni de sulfură de mangan (MnS), cu influență negativă asupra proprietăților de rupere la oboseală ale materialului.
- Depășirea limitei admise pentru concentrația de cupru (valori de de 0,35 – 0,37 % față de limita maximă admisă 0,3 %) și sirurile de incluziuni observate putând constitui amorse de rupere și amorse de coroziune a materialului, cu implicații defavorabile asupra rezistenței la oboseală.

E.5. Cauze primare :

Nerespectarea condițiilor minime impuse privind caracteristicile chimice ale osiilor axe stabilite în documentele de referință în vigoare la data fabricării (STAS 1947/1990 - Vagoane de cale ferată cu ecartament normal. Osii. Condiții tehnice generale de calitate și fișa UIC 811-1/1987 - Compoziția chimică, încercări mecanice, Osii axe).

F. Recomandări de siguranță

În conformitate cu prevederile Legii nr. 55/2006, în scopul îmbunătățirii siguranței feroviare și a prevenirii unor accidente sau incidente similare, Organismul de Investigare Feroviar Român a formulat următoarele recomandări de siguranță:

1. Retragera din circulație a tuturor osiilor din șarja nr. 311561 produsă de SC SMR SA Balș, din care face parte osia cu nr. 3836632 pentru nerespectarea condițiilor stabilite de fișa UIC 811-1/87-Compozitia Chimica, Incercari Mecanice, Osii Axe și rebutarea șarjei respective. SNTFM „CFR Marfă” SA, alți operatori de transport feroviar, precum și deținători de vagoane echipate cu osii din șarja nr. 311561 vor efectua acțiuni de verificare și se vor conforma prezentei recomandări.
2. Efectuarea unei acțiuni de control, de către operatorii de transport feroviar care au organizat compartimente de recepție tehnică, la furnizorii feroviar care elaborează materia primă pentru confecționarea elementelor metalice utilizate la piese și subansambluri de la aparatele vehiculelor feroviare, aparate ce concurează la siguranța feroviară (aparatură de rulare – roți, osii, rulmenți și altele asemenea, aparatură de tracțiune și legare – cârlige, bare și altele asemenea, respectiv aparatură de ciocnire – tamponare, arcuri), prin care să se identifice cazurile în care nu sunt respectate procedurile proprii de elaborare a materialului. Concluziile acestei acțiuni de verificare precum și măsurile stabilite vor fi cuprinse într-un Raport care se va înainta Autorității Feroviare Române – AFER cel târziu în luna august 2009.
3. Cu ocazia acțiunilor de inspecție de stat programate de Autoritatea de Siguranță Feroviară Română se va urmări modul de implementare a sistemului de asigurare al calității la furnizorii feroviar care elaborează materia primă pentru confecționarea elementelor metalice utilizate la piese și subansambluri de la aparatele vehiculelor feroviare, aparate ce concurează la siguranța feroviară (aparatură de rulare – roți, osii, rulmenți și altele asemenea, aparatură de tracțiune și legare – cârlige, bare și altele asemenea, respectiv aparatură de ciocnire – tamponare, arcuri).
4. Organismul Notificat Feroviar Român va evalua condițiile tehnice care au stat la baza acordării certificatului de omologare tehnic pentru osia montată tip AI produsă de SC SMR Balș SA.

*
* *

Prezentul Raport de Investigare se va transmite SC SMR Balș SA, operatorilor de transport feroviar și Autorității de Siguranță Feroviară Română.

În conformitate cu prevederile Legii nr. 55/2006 privind siguranța feroviară, Autoritatea de Siguranță Feroviară Română va urmări modul de implementare a acestor recomandări.

Membrii comisiei de investigare:

Olaru Mihai	- investigator principal	_____
Ciobanu Eugeniu	- investigator	_____
Zamfirache Marian	- investigator	_____
Nicolescu Mircea	- investigator	_____

1. EXECUTANT: *Serviciul Laboratoare al ONFR, AFER*

2. CLIENT: *Organismul de Investigare Feroviar Român – OIFR al AFER, București*

3. OBIECTUL ÎNCERCĂRILOR: *Fus de osie rupt, cap B, în zona de racordare a degajării de detensionare (conjeu) cu zona de obturare, cu nr. ordine 14, șarja 311561, seria CFR 3836632, aparținând vagonului nr. 31535494306-2, implicat în evenimentul feroviar de la Zăvideni, produs la data de 13.03.2008*

4. DATA PRIMIRII OBIECTULUI PENTRU ÎNCERCĂRI: *13.08.2008*

5. DATA ÎNCEPERII ÎNCERCĂRILOR: *25.08.2008*

5.1. Încercările au fost efectuate: *în laboratoarele SL - LMR;*

5.2. În timpul desfășurării încercărilor: *nu au intervenit întreruperi.*

6. ÎNCERCĂRILE AU FOST SOLICITATE DE: *OIFR, conform Notei nr. 7010/182/2008*

6.1. Încercările solicitate:

6.1.1. Aspectare macroscopică;

6.1.2. Verificări prin control ultrasonic (CUS);

6.1.3. Controlul cu lichide penetrante;

6.1.4. Controlul cu curenți turbionari;

6.1.5. Determinarea durității Brinell pe secțiune transversală;

6.1.6. Analize metalografice macro și microscopice.

6.2. Scopul încercărilor a fost: *expertiză tehnică*

7. DESCRIEREA ÎNCERCĂRILOR:

7.1. Metodele de încercare folosite au fost: *Încercările de la pct. 6.1.1÷ 6.1.6 au fost executate în conformitate cu prevederile Fișei UIC 811-1/87 “Specificație tehnică pentru furnitura de osii-axe pentru material rulant motor și remorcat” (anulată din 01.07.2006) și „Instrucțiuni pentru controlul ultrasonic, în serviciu, al osiilor montate de vagoane”- REFER, 1993.*

7.2. Obiectul supus încercărilor a fost: *pus la dispoziție de către AFER- OIFR*

7.3. Pe timpul depozitării, obiectul supus încercărilor: *a fost păstrat în laborator.*

7.4. În timpul păstrării obiectului și efectuării încercărilor, condițiile de mediu au fost: *nu este cazul.*

7.5. Mijloacele de măsurare utilizate la efectuarea încercărilor sunt prezentate în tabelul următor:

Nr. crt.	Denumirea echipamentului de măsurare	Seria sau nr. de inventar	Data ultimei verificări metrologice	Precizia de măsurare	Încercări conf. pct.
1	Ruletă 5m	22	02.2006	-	6.1.1
2	Șubler 0..150 mm	1030	08.2004	$\pm 0,05$ mm	6.1.1
3	Aparat pentru încercarea statică a durității, CV 998	S4 -1-1054-1945/2005	10.2006	cl. 1	6.1.4
4	Microscop metalografic AXIOVERT 200 MAT	89	etalonare din 12.2006	$\pm 0,5$ μ m	6.1.5

8. REZULTATELE ÎNCERCĂRILOR:

8.1. Aspectare macroscopică

Ruperea osiei s-a produs în plan perpendicular pe axa longitudinală a acesteia, prin degajarea de detensionare (conjeu), de sub rulmentul WJ, în zona racordare cu zona de obturare - foto 1.



Foto 1

În - foto 2 – se observă un detaliu al zonei ruperii, unde se remarcă o zonă cu o colorație material depus circular de culoare argintie, de formă neregulată (I), cu lățimea între 2...6 mm și o bandă alăturată de culoare gri-închis (II), de influență termică (II), cu lățimea între 8...10 mm.

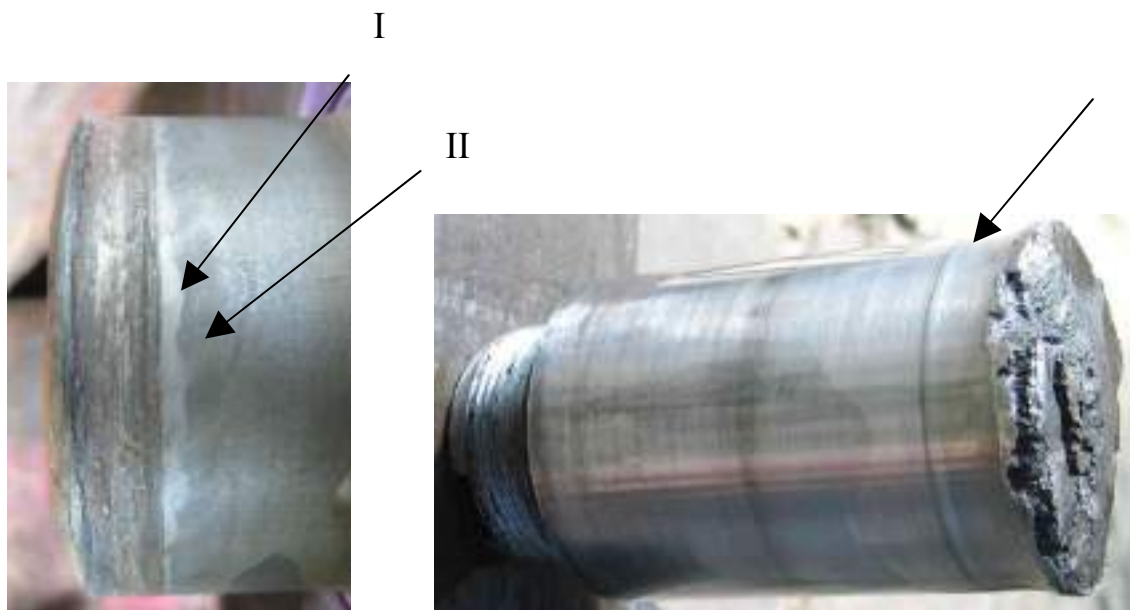


Foto 2

Foto 3

Fusul rupt, cu lungimea de 220 mm, are capătul filetat, iar la distanță de circa 35 mm de suprafața de rupere este evidențiată o zonă circulară, supraînălțată cu circa 0,15 mm – foto 3. Marcajele vizibile pe capătul fusului rupt sunt: IOB SNTFM 07 04 M90 070453 CFR 38366 32 - foto 4.



Foto 4



Foto 5

Pe capătul opus (fus întreg) sunt vizibile următoarele marcaje: 1311561 IOB A1N M90 07 04 T 14 – foto 5.

Aspectul uneia din cele două suprafețe ale ruperii (casura) este redat în foto 6, unde se observă pe circa 60% o zonă de rupere la oboseală (progresivă) și pe 40% rupere bruscă (cu smulgeri de material).

Pe marginea secțiunii se remarcă amorse de rupere progresivă, porțiuni cu material deformat și imprimat, în urma loviturilor repetate ale suprafețelor fisurii deschise până la ruperea fusului.



Foto 6

Două detalii ale amorselor marginale ale secțiunii de rupere (marcate cu săgeți) sunt redată în foto 7 și 8.



Foto 7

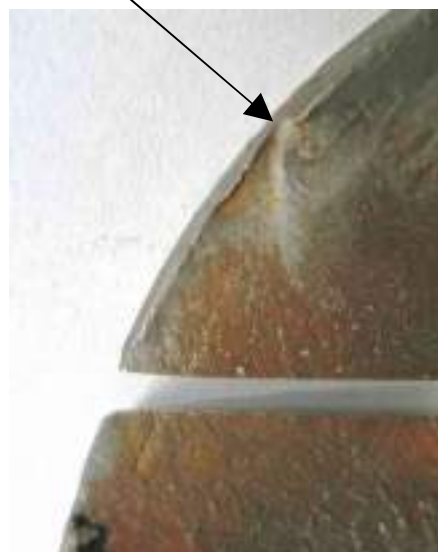


Foto 8

8.2. Verificări prin control ultrasonic (CUS):

1. *Transparența ultrasonoră nu s-a putut efectua, pentru că atât casura, cât și partea din capătul nerupt nu oferă două secțiuni transversale paralele una cu cealaltă.*
2. *Controlul din capăt cu palpatorul special conic ASW 29°-90 (seria 567) al osiei cu inelele de rulment montate pe fusuri. Nu s-a putut efectua deoarece osia avea cutiile de osie scoase.*
3. *Controlul efectuat pe suprafața fusului cu palpatorul WB 45°-2 (seria 1039) nu a evidențiat defecte.*
4. *Controlul efectuat pe suprafața fusului cu palpatorul WB 35°-2 (seria 5019) nu a evidențiat defecte.*
5. *Controlul efectuat pe suprafața fusului cu unde superficiale, cu palpatorul WB 90°-2 (seria 1039), nu a evidențiat defecte.*

Aparatură utilizată: Defectoscop tip USM 35-XS (seria 1212a). Palpatoare utilizate: WB 45° -2, WB 35°-2, WB 90° - 2 și ASW 29° -90.

Corpuri de calibrare:

- *corp semicilindric cu raza de $50 \pm 0,1$ mm și grosimea de 25 mm pentru CUS cu unde transversale, cu incidență înclinată a osiilor și roților monobloc;*
- *un capăt de osie tip AI (OR1), (fus + parte de obturare + parte de calare), prevăzut cu defecte artificiale (tăieturi de anumite adâncimi la anumite distanțe pentru CUS al fusurilor osiilor A I, A II și A III).*

8.3. Controlul cu lichide penetrante

Controlul cu lichide penetrante se utilizează pentru a confirma defectele constatate la controlul ultrasonic (fisuri sau pori mai mari de 1 mm) și scoate în evidență pori sub 1 mm.

Penetrant utilizat: S-a utilizat un sistem de examinare cu lichide penetrante de tipul IICd-2 conform SREN 571-1 din 1999. În acest scop au fost utilizate: degresant tip MR 85 , penetrant MR 68C roșu fluorescent și dezvoltant MR 70, toate de fabricație MR Chemie GmbH.

În urma efectuării controlului nu s-au constatat defecte, însă se constată existența inexplicabilă a unui inel circular, cu aspect de supraînălțare la începutul degajării de detensionare (conjeu), atât pe fusul rupt cât și pe cel nerupt.



Foto 9



Foto 10



Foto 11



Foto 12

Urmare a descoperirii supraînălțării, s-a trecut la o spălare cu solvent, urmată de un atac cu o soluție de Nital 5%, examinarea vizuală descoperind existența unor zone înnegrite în zona conjeului, cum apare în fotografia de mai jos:



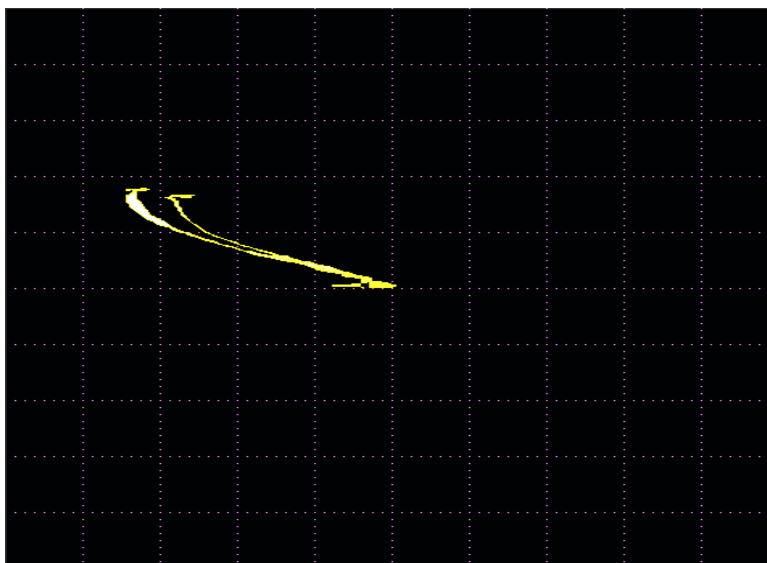
Foto 13

Același lucru a fost constatat și pe partea ruptă.

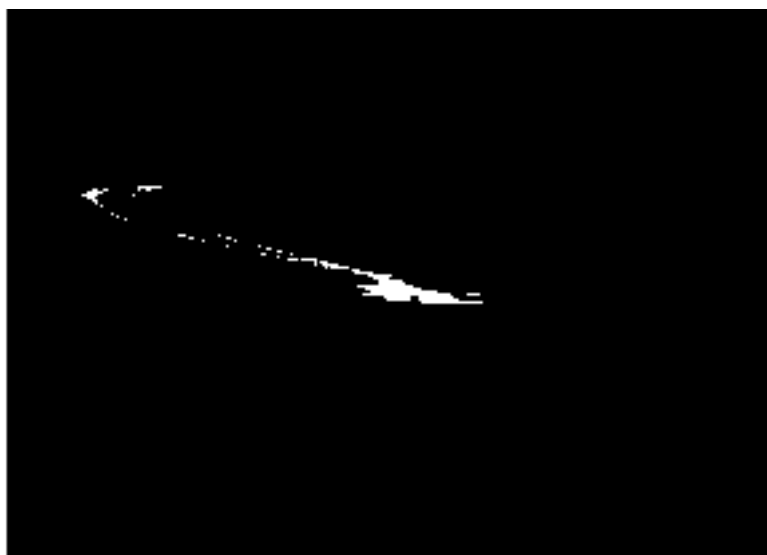
8.4. Controlul cu curenți turbionari

Urmare a celor sesizate mai sus, s-a efectuat un control cu curenți turbionari pentru a scoate în evidență, dacă există, diferențe de conductibilitate electrică pe suprafața fusului, între zonele înegrite și restul suprafețelor. Pentru acest lucru s-a utilizat un defectoscop tip NORTEC 500C, (seria N500X1693PO080577), fabricat de firma OLYMPUS, utilizându-se ca traductor de detecție o sondă PENCIL de 500 kHz.

Urmare a controlului cu aparatura descrisă mai sus, se constată că există o diferență de conductibilitate electrică între restul osiei și zona degajării de detensionare (conjeu) la ambele capete ale osiei montate, așa cum rezultă din următoarele diagrame.



Aspect cu diferență de conductibilitate pe zona conjeului față de restul osiei pe partea ruptă.



Aspect cu diferență de conductibilitate pe zona conjeului față de restul osiei pe partea neruptă.

8.5. Determinarea durității Brinell

Pentru evidențierea diferenței de duritate pe direcție radială, pe o felie transversală a osiei, a fost efectuată duritatea Brinell, pornind de la suprafața exterioară spre suprafața centrală a secțiunii.

Nr. amprentă	Zona de măsurare a durtății Brinell	Valorile durtății Brinell măsurate, [HBS]
1	Material pe marginea secțiunii, în zona de influență termică	177
2	Material pe marginea secțiunii, pe limita zonă de influență termică - material de bază (mijlocul secțiunii)	169
3	Material pe marginea secțiunii, în zona de influență termică	185
4	Material pe marginea secțiunii, pe limita zonă de influență termică - material de bază (mijlocul secțiunii)	172
5	Material pe marginea secțiunii, în zona de influență termică	181
6	Material în mijlocul secțiunii	159
7	Material în mijlocul secțiunii	157
8	Material în mijlocul secțiunii	154
9	Material în mijlocul secțiunii	154
10	Material în mijlocul secțiunii	154

8.6. Analize metalografice macro și microscopice

Felia transversală, utilizată la efectuarea analizelor macrografice și macroscopice ale osie, a fost prelevată din imediata vecinătate a rupturii.

Pe suprafața feliei transversale, s-au efectuat:

- proba Baumann – în scopul evidențierii eventualelor segregatii de sulf;*
- atacul macro la cald în soluție 50% HCl – în scopul depistării eventualelor defecte de material (fulgi, macroretasuri, macrosegregatii, sufluri, macroincluziuni, macropori etc.), de tratament termic superficial sau de prelucrare prin deformare plastică (suprapuneri de material, fisuri etc.).*

După efectuarea probelor macro, atât din felia ce conținea casura, cât și din cea alăturată, s-au prelevat eşantioane micro, pe suprafețele cărora s-au urmărit:

- aspectul structural al materialului, cu precizarea tipului de tratament termic aplicat osiei, pornind de la suprafața exterioară spre centrul secțiunii acesteia;*
- prezența unor eventuale defecte de material sau de tratament termic la scară micro.*

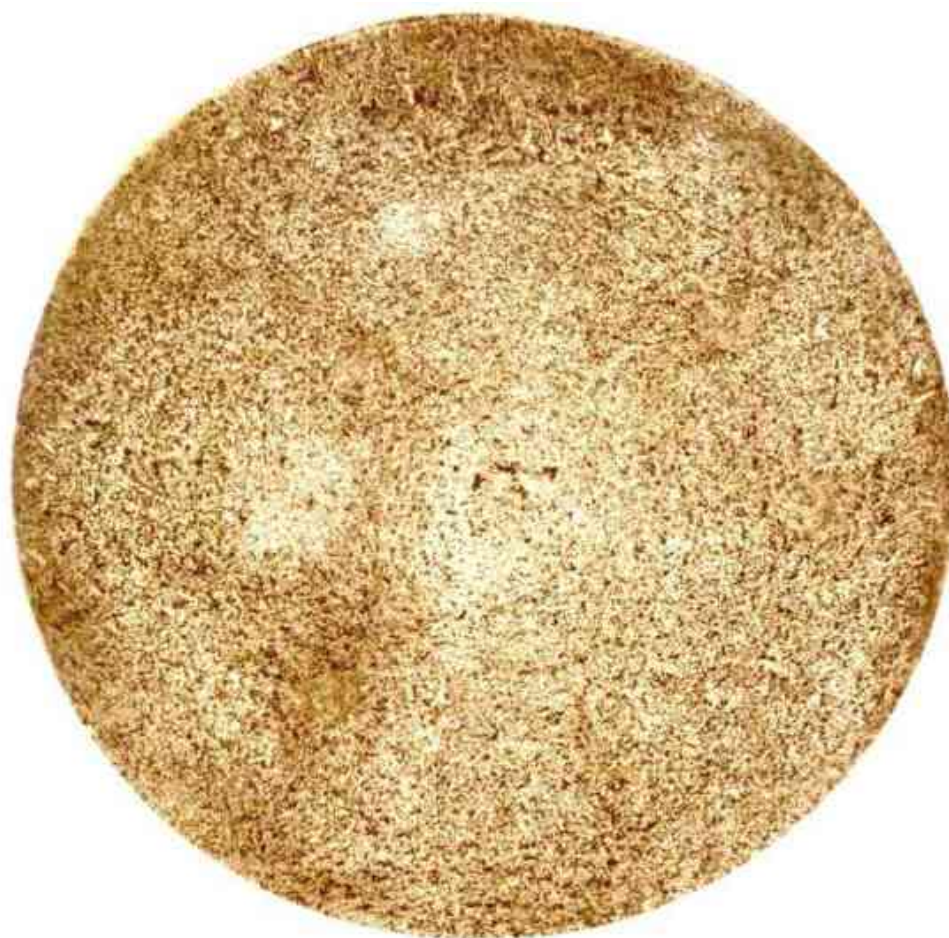


Foto 14



Foto 15



Foto 16



Foto 17

Tipul caracteristicii	Concluzii asupra caracteristicii analizate	Foto	Condiții impuse de Fișa UIC 811/1-87 pentru caracteristica analizată
Analiza macrografică și macroscopică			
Amprenta Baumann	<ul style="list-style-type: none">• Repartiție uniformă a sulfului pe secțiune transversală, fără segregatii,. Imaginea se înscrie în seria de imagini limită cuprinse în albumul anexă al fișei.	14	pct. 6.2.2.4 – Imaginea obținută nu trebuie să prezinte defecte mai accentuate decât acelea redată în imaginile limită cuprinse în albumul anexă al fișei.
Aspect macro al feliei transversale după atacul la cald în soluție 50% HCl	<ul style="list-style-type: none">• Fără defecte macro de tip fulgi, suprapuneri de material, segregatii, macroincluziuni, fisuri.	15	pct. 6.2.2.3 – După șlefuire, suprafața examinată nu trebuie să prezinte nici o soluție de continuitate.
	Se remarcă o porozitate centrală cu punctaj = 1.	16	
	Pe conturul secțiunii se distinge, în detaliu, o zonă de influență termică, fără întreruperi, de culoare închisă, pe o lățime de circa 4 mm.	17	
Analiza microscopică			
Tipul caracteristicii	Concluzii asupra caracteristicii analizate	Foto	Condiții impuse de Fișa UIC 811/1-87 pentru caracteristica analizată
Structura la suprafața cilindrică exterioară	<ul style="list-style-type: none">• Pe conturul secțiunii se constată, la scară micro, constituenți perlito-feritici cu aspect ușor columnar, structură specifică unui material topit (A). Pe limita material depus (A) – material de bază (B), s-a depistat o microfisură de contracție la solidificare de circa 1,22 mm lungime.	18	pct. 7.8.2.2 – Orice sudură, urmă de tăiere/ardere, de încălzire, amorsă de arc, orice reîncărcare prin metalizare, depuneri electrolitice sau chimice ca și orice retuș în scopul de a masca un defect sunt riguros interzise și antrenează refuzul întregului lot.
	<ul style="list-style-type: none">• În zona influențată termic, pe fondul unei structuri feritice, s-a pus în evidență prezența unor șiruri de incluziuni nemetalice. Zona (B) din materialul osiei prezintă structură cu grăunți perlito-feritici fin recristalizați, fiind tipică unei recristalizări complete datorată unei acțiuni de natură termică.	19	
Structura materialului osiei în centrul secțiunii	<ul style="list-style-type: none">• Structură perlito-feritică în șiruri, specifică unui oțel deformat plastic la cald și supus ulterior tratamentului termic de normalizare. Mărimea granulației ereditare corespunde indicelui de grăunte 7-8, deci inferioară indicelui prescris 5.	19C 20	pct. 6.2.2.2 - Structura osiilor normalizate sau călite + revenite trebuie să fie uniformă și specifică tratamentului termic comandat. Mărimea grăuntelui de ferită determinat conform SR ISO 643 nu trebuie să fie superioară indicelui 5.

A



B

Foto 18 - (100:1), atac

B



C

Foto 19 – (100:1), atac

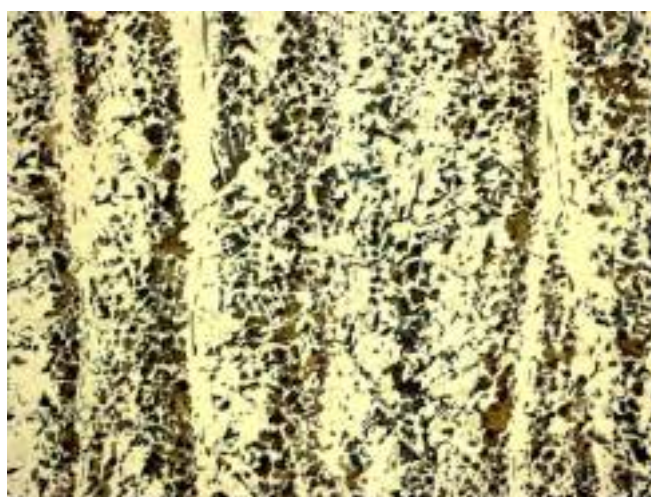


Foto 20 – (100:1), atac

9. IDENTIFICAREA SUBCONTRACTANȚILOR: *nu este cazul.*

10. ALTE INFORMAȚII:

a) **Raportul a fost întocmit în 4 exemplare, difuzate astfel:**

- ex. 1, 2 și 3 la OIFR – București;
- ex. 4 la SL - ONFR, București;

b) **Opinii, interpretări:** În perioada 2004 – 2006, AFER a efectuat expertize tehnice pentru osiile cu nr. CFR 383112, șarja 511969, eveniment Câmpulung Moldovenesc – 2004; 3835154, șarja 511970, eveniment Zlătărei - 2004 și 3834212, șarja 511973, eveniment Basarabi-2005, care s-au rupt în zonele de pe fus afectate termic.

11. ATENȚIONĂRI:

11.1 Prezentul raport poate fi utilizat numai în scopul precizat la pct. 6.2. Rezultatele prezentate la pct. 8 se referă numai la obiectul prezentat la AFER și supus încercărilor.

11.2 Extrapolarea rezultatelor încercărilor la proprietățile lotului, ale șarjei sau ale cantității de producție din care au fost prelevate obiectele supuse încercărilor, se face numai de către furnizorul și cumpărătorul produselor și numai atunci când au fost solicitate pentru a defini calitatea unor loturi, șarje sau cantități de producție.

11.3 Raportul poate fi reprodus numai în întregime și numai cu acordul elaboratorului, AFER, ONFR – Serviciul Laboratoare.

ÎNTOCMIT,
Responsabili de încercări,
ing. Valeriu CRUCEANU

AVIZAT,
Șef Serviciu Laboratoare,
ing. Ion SIMION

ing. Veronica NICOLAOS

APROBAT,
DIRECTOR
ORGANISMUL NOTIFICAT FERROVIAR ROMÂN,
ing. Mircea Cristian ARNĂUTU



Universitatea “ POLITEHNICA “ din București
CENTRUL DE CERCETĂRI ȘI EXPERTIZĂRI ECO-METALURGICE – ECOMET
Spl. Independenței 313, corp J, sala JF 002, sector 6, cod 060042, București
Tel/Fax: 021 316 95 64; Tel. 021 402 95 92; E-mail: ecomet@ecomet.pub.ro

RAPORT TEHNIC

Extinderea investigatiilor asupra suprafetei de rupere si a zonei adiacente suprafetei de rupere a osiei rupte la roata 5 a vagonului nr. 315354943062, aflat in componenta trenului de marfa 41651, apartinand SNTFM “CFR Marfa” SA, implicate in accidental feroviar din data de 13.03.2008 pe raza Sucursalei Regionale CF Craiova.

BENEFICIAR: Autoritatea Feroviara Romana - AFER

Comanda AFER nr.: 1080/870/14.04.2009

Director UPB – CCEEM,

Prof.dr.ing. Cristian PREDESCU

Responsabil științific,

CS1 Dr.ing. Eugeniu VASILE

MAI 2009

1. OBIECT : extinderea investigatiilor asupra suprafetei de rupere si a zonei adiacente suprafetei de rupere a osiei rupte la roata 5 a vagonului nr. 315354943062, aflat in componenta trenului de marfa 41651, apartinand SNTFM "CFR Marfa" SA, implicate in accidental feroviar din data de 13.03.2008 pe raza Sucursalei Regionale CF Craiova.

2. BENEFICIAR: AUTORITATEA FERROVIARA ROMANA - AFER

3. METODE SI TEHNICI DE INVESTIGARE

3.1. Examinarea macroscopica vizuala prin stereomicroscopie optica si microscopie electronica de baleiaj (SEM) la mariri mici, pe microscopul electronic de baleiaj QUANT INSPECT F ;

3.2. Examinarea microscopica a suprafetei de rupere si a materialului din zona adiacenta acesteia la acelasi microscop electronic;

3.3 Investigarea materialului prin microanaliza de raze X dispersiva in energie (EDAX) pentru caracterizarea acestuia, din punct de vedere microcompozitional;

3.4. Analiza chimica prin spectrometrie de emisie optica efectuata pe diferite probe prelevate din zona adiacenta a suprafetei de rupere, s-a efectuat la aparatul GNR METALAB (acreditat RENAR).

4. REZULTATE OBTINUTE

4.1. Examinarea macrovizuala a suprafetei de rupere

In imaginea din figura 1 este prezentata suprafata de rupere a fusului de osie, compusa din fragmente(probe) debitate din sectiunea din fus sub forma de disc, ce contine suprafata de rupere. La executant (ECOMET) s-a debitat numai proba 1.4 din figura 1, celelalte sectiuni in acest disc fiind efectuate de client anterior demararii acestei investigatii.



Fig.1

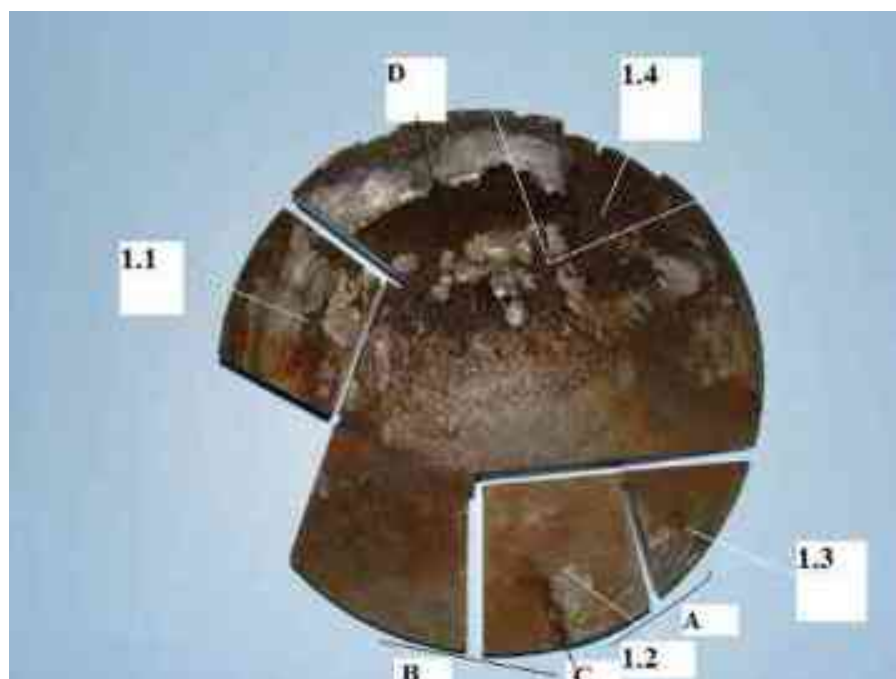


Fig 1a

Aspectul suprafeței de rupere este caracteristic unui proces de rupere la oboseală cu amorse multiple. Deteriorarea atât a suprafeței de rupere cât și a marginii suprafeței de rupere (exteriorul fusului) ce a avut loc sau în timpul evenimentului feroviar sau în procesul de prelevare și conservare a probelor nu permite identificarea clară a amorzelor de rupere.

Aspectul suprafeței sugerează inițierea procesului de rupere (și deci cel puțin două amorse) mai întâi din zona A (foarte deteriorată) și apoi din zona B.

Cele două procese de rupere s-au întâlnit în pragul C, ce le delimitează, prin diferențe de nivel. Spre zona D, suprafața de rupere devine mai accidentată, ceea ce sugerează creșterea vitezei de propagare a rupei până în zona D, unde a avut loc ruperea finală, cu smulgerea de material.

Proba 1.2 conține o parte din ruperea inițială (zona B). Propagarea radială (sub formă de lentilă) a rupei în zona B pare centrată pe punctul E al probei 1.2.

Imaginea de microscopie electronică de baleiaj (fig.2) prezintă o parte din zona B de inițiere a rupei. În punctul E (probabil una din amorse) existența deteriorării mecanice vizibile împiedică identificarea amorsei. Se observă existența fronturilor F1, F2, F3 de schimbare a vitezei de propagare a rupei, caracteristice unei rupei la oboseală.

În fig.2, marginea corespunzătoare circumferinței fusului este deformată mecanic, pe o adâncime de aproximativ 0,3-0,4mm (probabil după ruperea fusului de osie) prezentând fisuri și chiar desprinderi de material spre zona interioară a suprafeței de rupere.

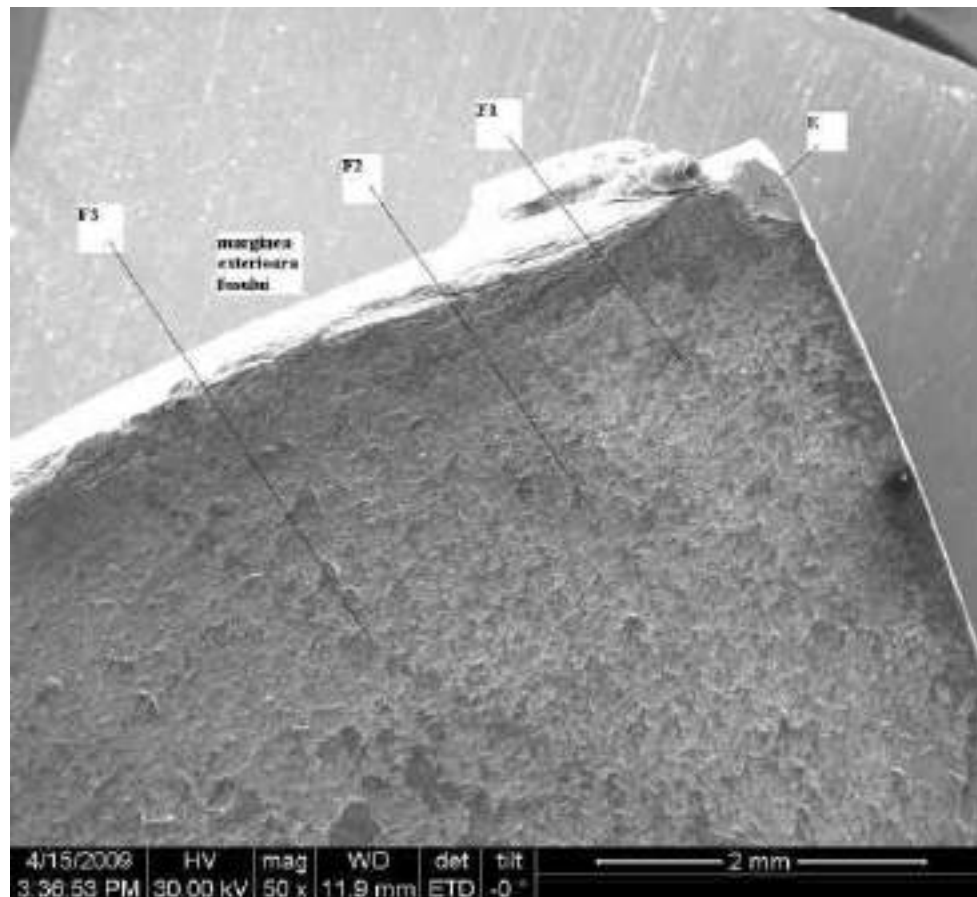


Fig.2

La examinarea vizuala a circumferintei discului (debitat din fusul de osie) ce contine suprafata de rupere s-a observat o schimbare a grosimii acestuia. Aceasta se observa (fig.3) in sectiunea transversala a probei 1.1 (vezi fig.1) din zona de rupere finala, sectiune efectuata la executant pentru urmarirea microstructurii in zona suprafetei de rupere si pentru caracterizarea microzonei ce contine aceasta variatie dimensionala a diametrului fusului.

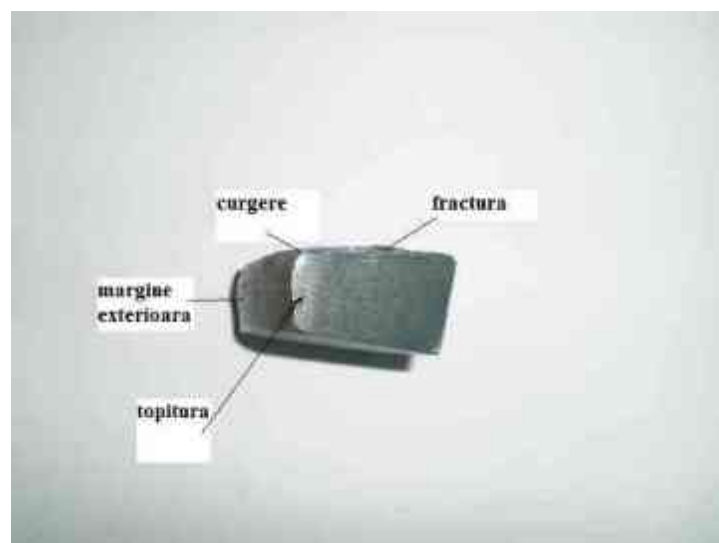


Fig.3 Proba 1.1

4.2. Examinarea microscopica s-a efectuat la microscopul electronic cu baleiaj QUANTA INSPECT F. S-a urmarit caracterizarea microstructurala a materialului si stabilirea naturii defectelor de material (incluziuni, influenta termica) utilizand si microanaliza de raze X dispersiva in energie (EDAX) ce permite determinarea microcompozitiei chimice locale si distributia elementelor semnificative in microzonele de interes.

4.2.1. S-a incercat si **caracterizarea microscopica a suprafetei de rupere**. Astfel, in fig. 4, la o marire superioara (x 400) arata faptul ca suprafata de rupere (imagine din zona amorarii) este acoperit de un strat gros, continuu de oxizi cu microfisuri in strat. Acest strat este clar rezultat in urma corodarii suprafetei de rupere dupa eveniment.

Pentru observarea detaliilor microstructurale ale suprafetei de rupere s-a incercat indepartarea cu grija a stratului de oxizi prin metoda replicilor. S-a observat (fig.5) la o marire superioara (x5000) ca practic, suprafata de rupere este puternic corodata (existenta pitingurilor de coroziune si chiar coroziunea continua a limitelor de graunte ferito-perlitic) . De aceea nu s-a putut obtine detalii microstructurale ale suprafetei de rupere.

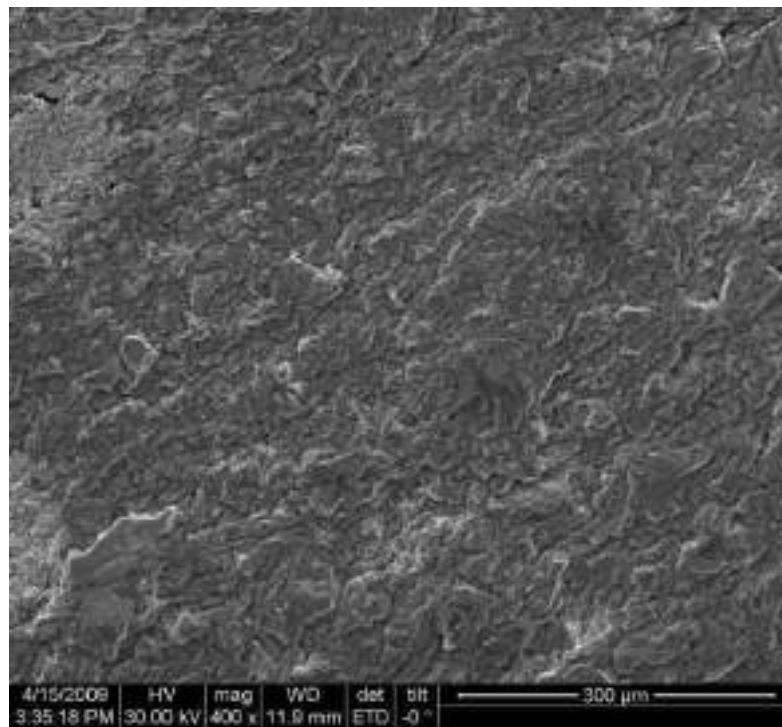


Fig.4 Zona de inceput a ruperii-strat de oxizi (x 400)

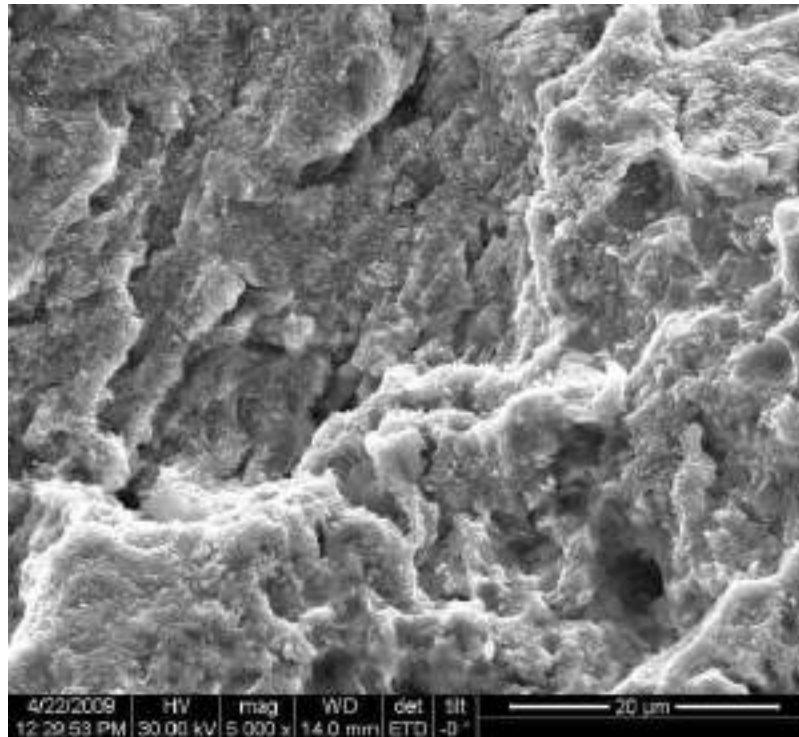


Fig.5 Microstruca suprafetei de rupere dupa smulgerea replicii-suprafata puternic corodata (x 5000)

4.2.2 Caracterizarea microscopica a microzonei ce prezinta o variatie a diametrului fusului de osie in zona de rupere.

In fig.3 se observa aceasta microzona (proba 1.1). In imaginile urmatoare (fig.6) se observa detalii microstructurale ale acestei microzone. Zona marginala (corespunzatoare zonei mai inguste a sectiunii) prezinta aspecte microstructurale caracteristice unei regiuni de material topit local, cu directia de crestere a grauntilor ferito-perlitici perpendiculara pe axa longitudinala a osiei. Se observa fronturi de solidificare, existenta microfisurilor in material din aceasta microzona.

In fig. 7 a si b se prezinta microstructura materialului de baza a fusului de osie – microstructura orientata in benzi, ariile bogate in perlita alternand cu cele feritice. De asemenea se observa incluziunile plastice de MnS alungite pe directia de deformare.

In zona mai groasa, se observa o pliere de material (pe circumferinta fusului) spre suprafata de rupere (fig.8a). Imaginile de microscopie electronica de baleiaj din fig. 8b si c evidentiaza clar , microstructura alungita (curgerea) spre suprafata de rupere.

PROBA 1.1. (sectiune longitudinala in discul 1, continand suprafata de rupere)

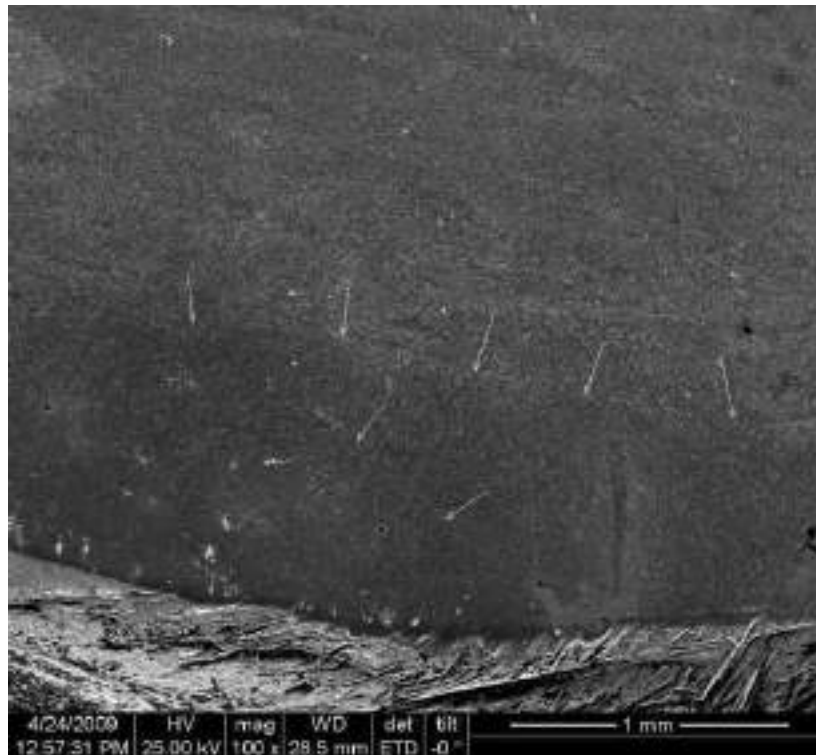
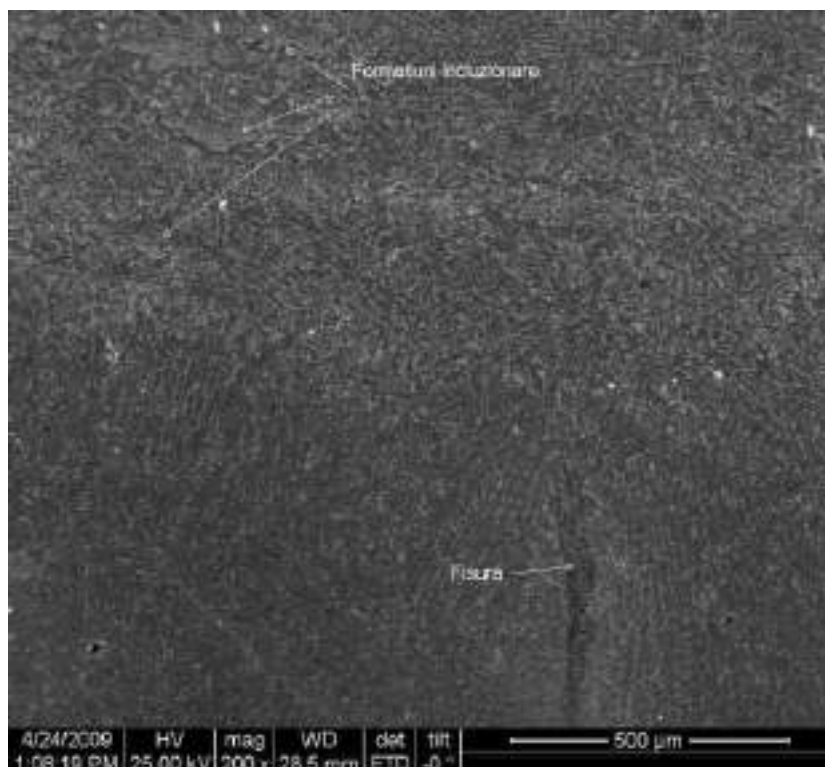


Fig.6a. Zona marginala, evidentiind regiuni de material topit. Sagetile indica liniile de pornire a fronturilor de solidificare (x100)



b)

c)

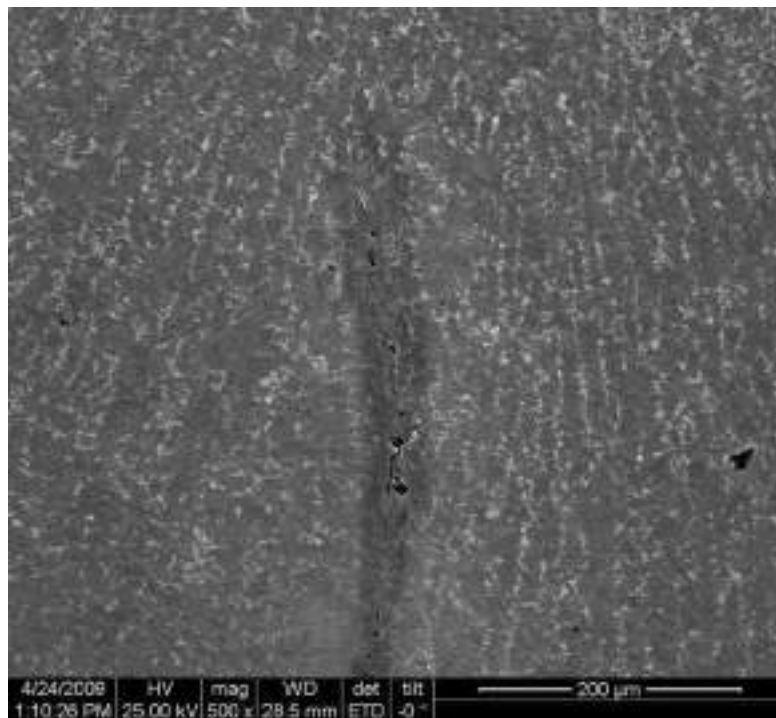


Fig6 b,c Detalii din imaginea din fig.1. Fisura paralela cu gradientul de temperatura la solidificare (x200). Se observa caracterul orientat al structurii materialului solidificat

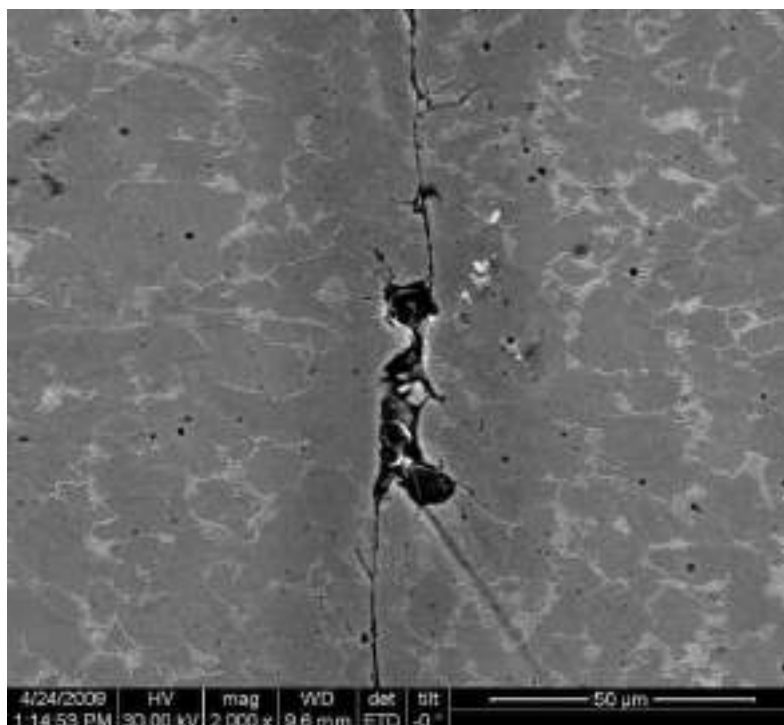


Fig6d Ordin superior de marire evidentiind propagarea intragranulara a fisurii (x2000)

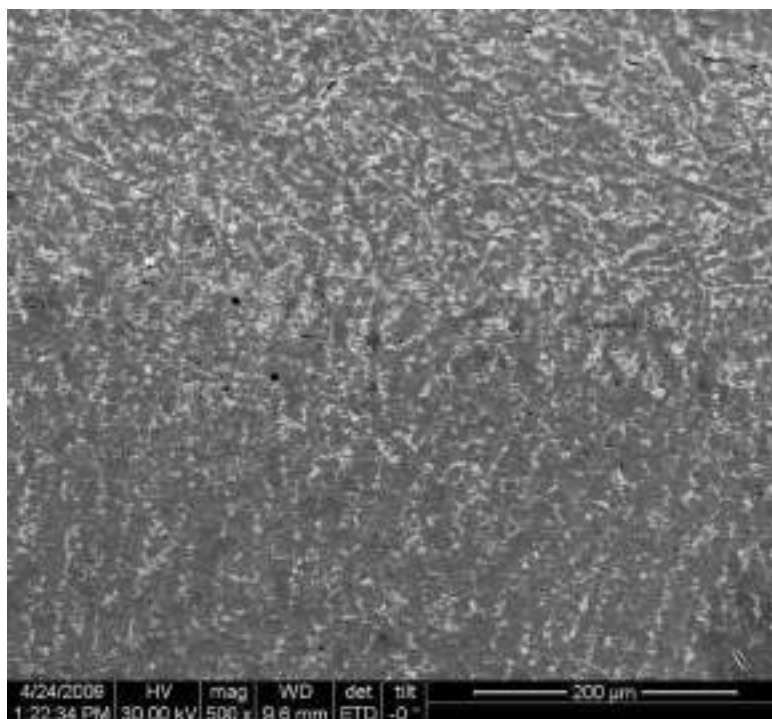


Fig.6e. Imagine obtinuta pe zona de trecere de la materialul de baza la cel topit (x500). Se observa diferenta de orientare a formatiunilor structurale dar si o proportie de perlita mai redusa in zona topita (datorata pierderii de carbon). Se observa, de asemenea, pori si microincluziuni la interfata dintre cele doua volume de material.

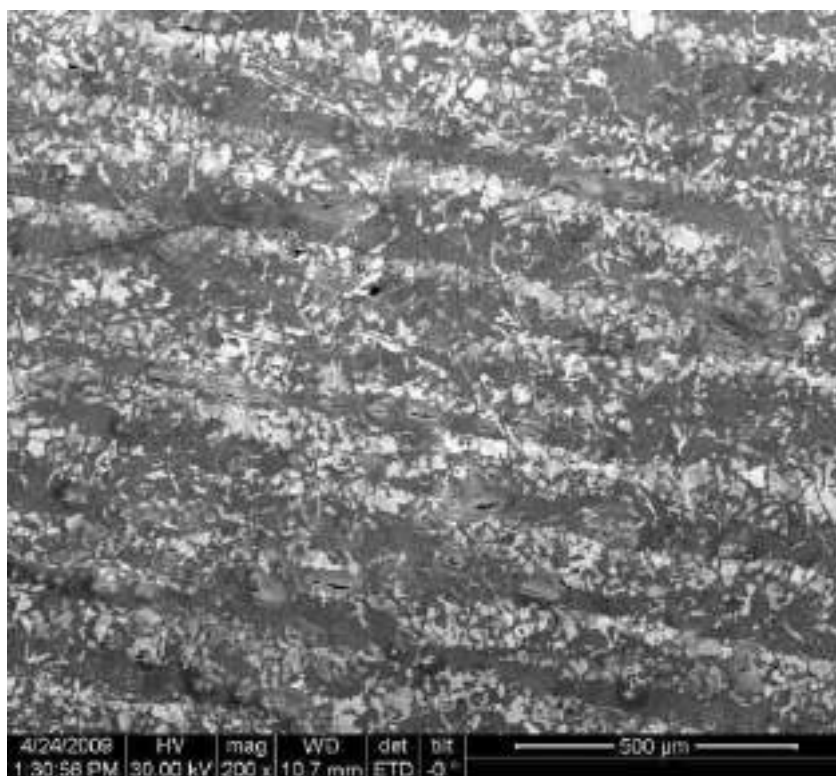


Fig.7a. Microstructura materialului de baza a fusului de osie (x200).Structura orientata, in benzi, cu arii bogate in perlita alternand cu cele feritice. Se observa prezenta incluziunilor plastice preponderent in ariile ocupate de ferita

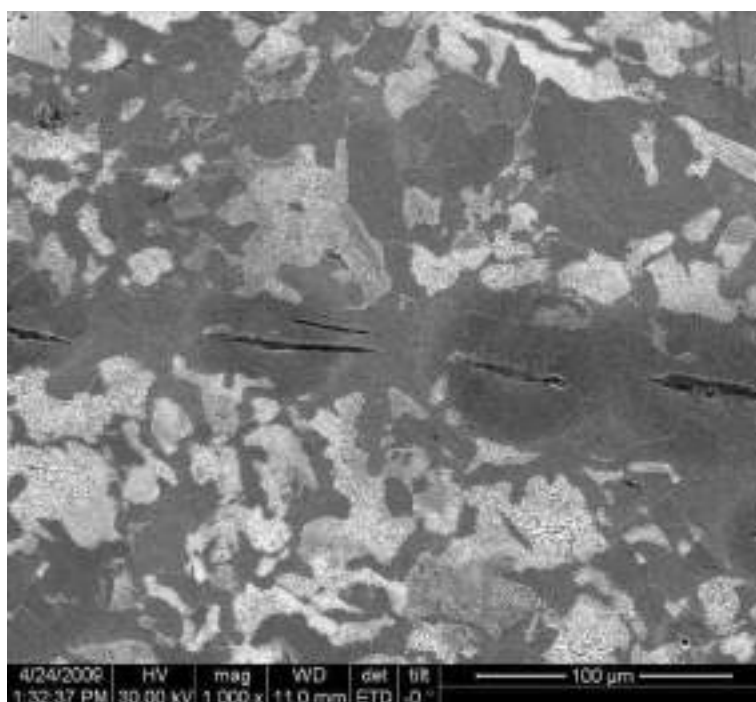


Fig.7b. Detaliu din imaginea din fig. 7a. Incluziuni plastice dispuse pe directia de deformare (x1000)

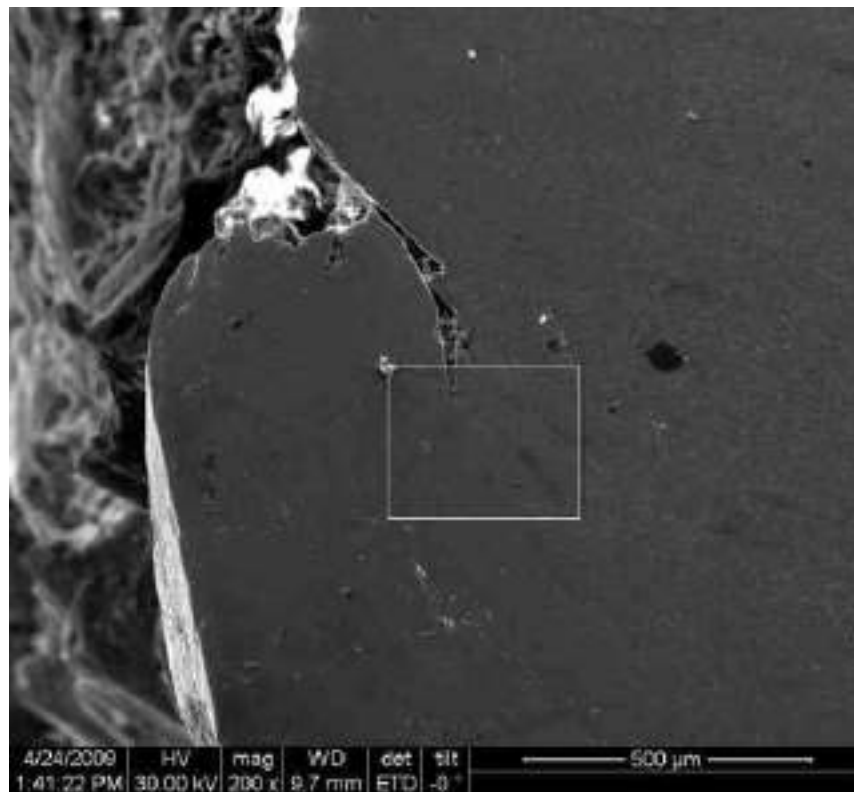
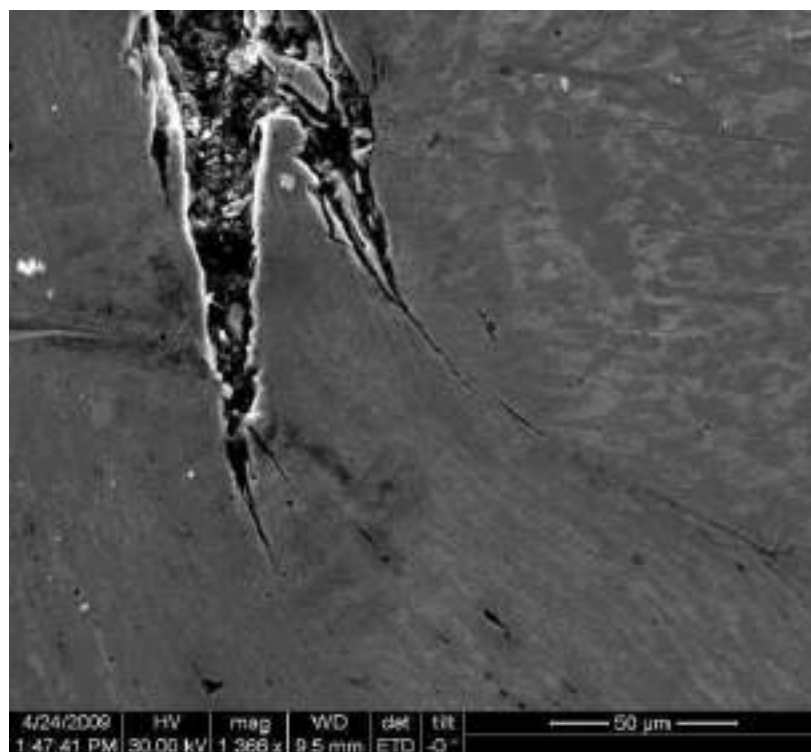
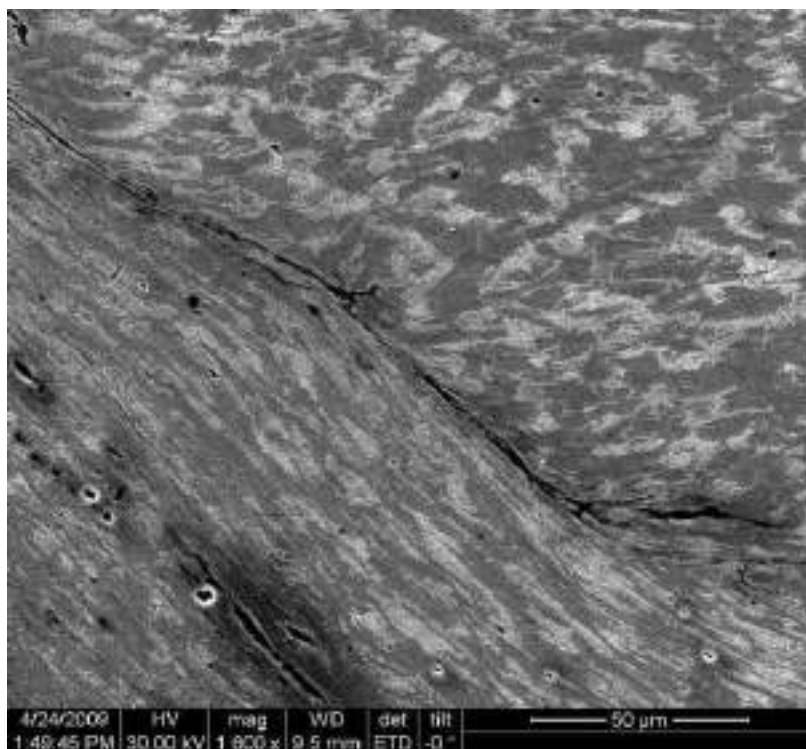


Fig.8a. “Pliere” de material, observata in apropierea suprafetei de rupere (x200)



b)



c)

Fig.8 b si c. Detalii din imaginea din fig. 8a. Volume de material, cu directii diferite de curgere (x1366; x 1600)

Microanaliza de raze X efectuata pe microzona de topire locala, pe microzona de pliere de material si pe materialul de baza (microzona interioara) a fusului de osie nu a evidentiata deosebiri microstructurale intre aceste microzone.

4.2.3 Caracterizarea microstructurii materialului in zona adiacenta suprafetei de rupere s-a efectuat pe proba 2.1 fig.9.

Fig.9 prezinta discul debitat (de client) transversal din fus in imediata apropiere a suprafetei de rupere.

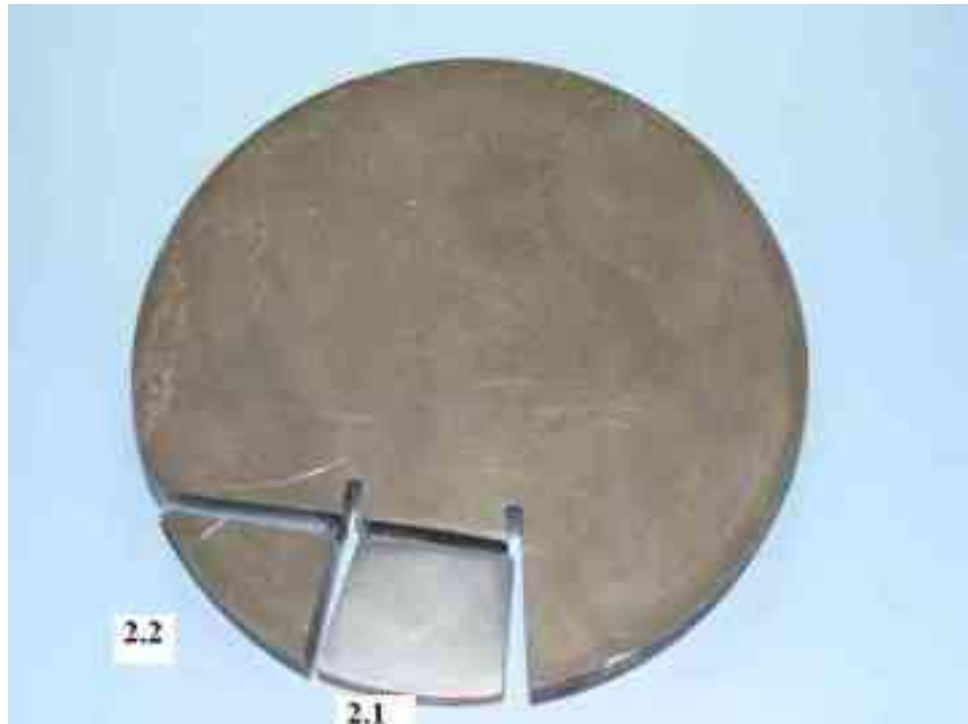


Fig.9

Imaginile din fig.10(a-d) imagini de electroni secundari retroimprastiati prezinta microstructura materialului obtinuta pe proba 2.1. Se remarca, pe fondul microstructurii ferito-perlitice, existenta incluziunilor de MnS distribuite neuniform in material. Defavorabil pentru proprietatile mecanice ale acestuia, aceste incluziuni sunt de obicei grupate in retele discontinue. De asemenea, se remarca existenta sirurilor de incluziuni de MnS ce ajung in suprafata fusului de osie . Astfel de incluziuni marginale pot constitui amorse de rupere a reperelor respective aflate in exercitiu, sirurile de incluziuni ce emerg in suprafata constituie regiuni preferentiale de propagare si dezvoltare a microfisurilor.

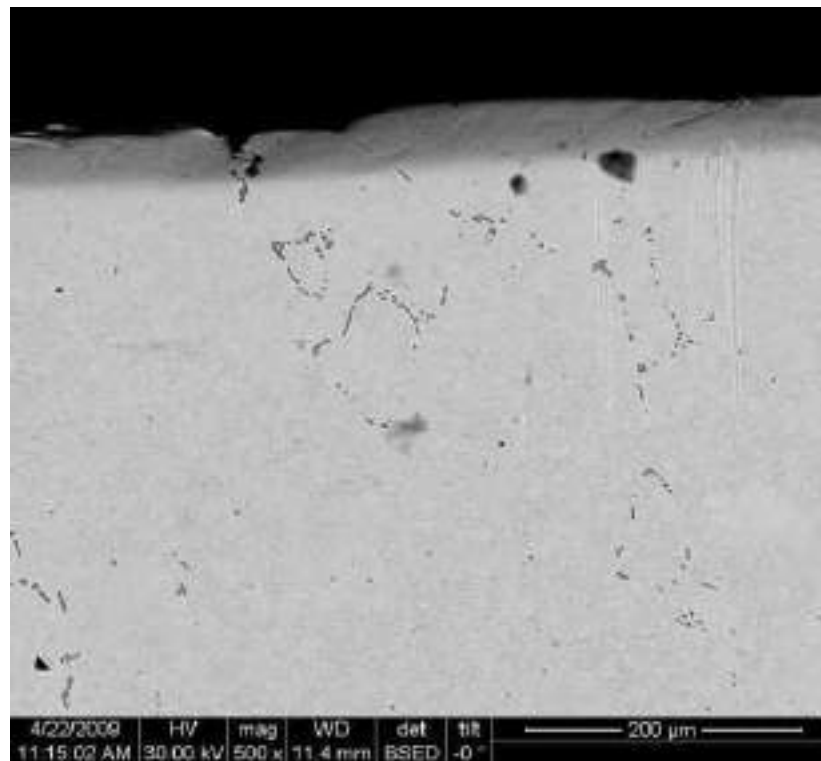


Fig.10a Microstructura fusului de osie (imagine de electroni retroampratiati)-
 sectiune transversala pe fus (x 500). Incluziuni de MnS atat izolate cat si in retele
 discontinue; sir de incluziuni MnS ce ies in marginea exterioara a fusului de osie.

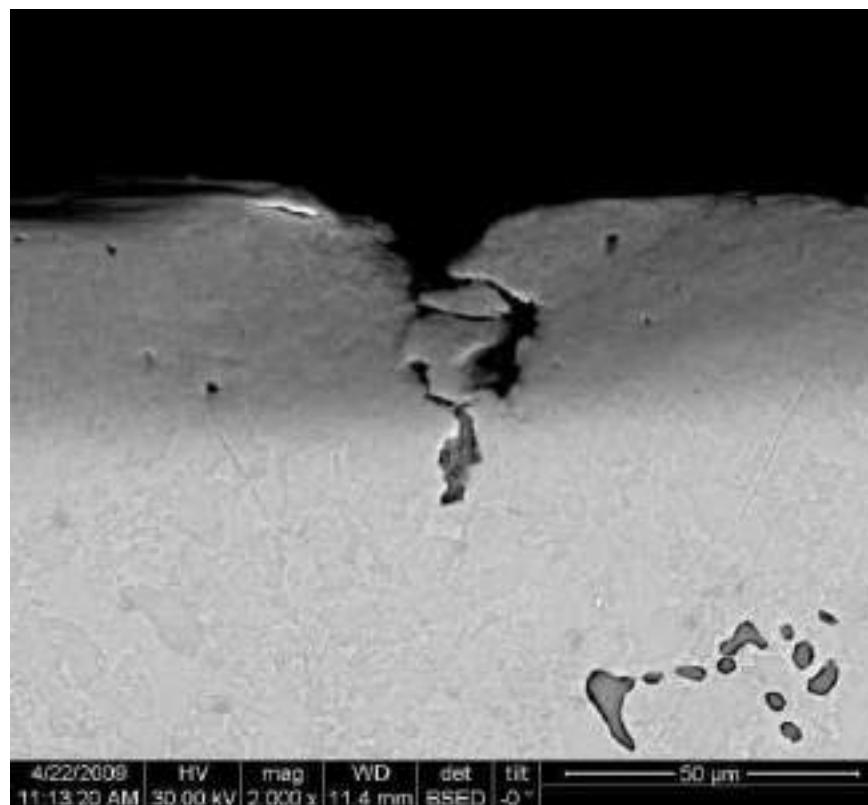


Fig.10b Detaliu din fig.10a (x 2000)- coroziune la margine amorsata pe sie de
 incluziuni

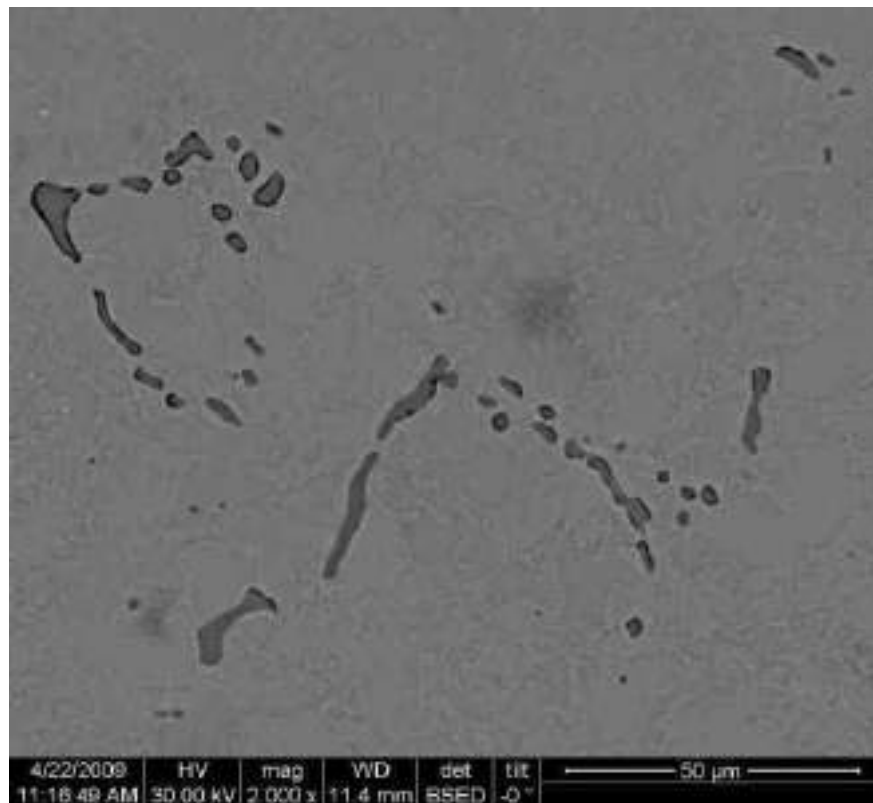


Fig.10c Detaliu din fig.10a-retea discontinua de incluziuni MnS (x 2000)

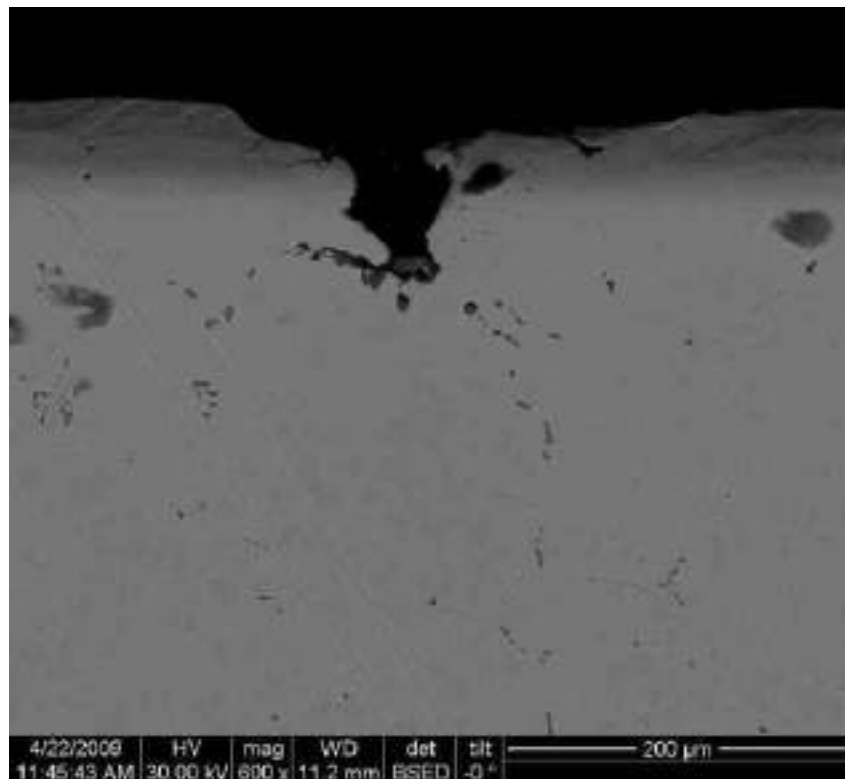


Fig.10d Aspect al altei microzone marginale cu coroziune initiata pe sir de incluziuni (x 600)

4.2.4 Microanaliza de raze X dispersiva in energie (EDAX) evidentiaza natura componentelor microstructurale de interes din material.

Astfel in fig.11 se prezinta distributia elementelor Mn, S si Fe in microzona evidentiata in coltul stanga sus al imaginii. Se observa prezenta majoritara a elementelor Mn si S in incluziunile alungite (sulfura de mangan).

Favorizarea dezvoltarii microfisurilor de catre sirurile si retelele de incluziuni de MnS este demonstrata de imaginile din fig.12

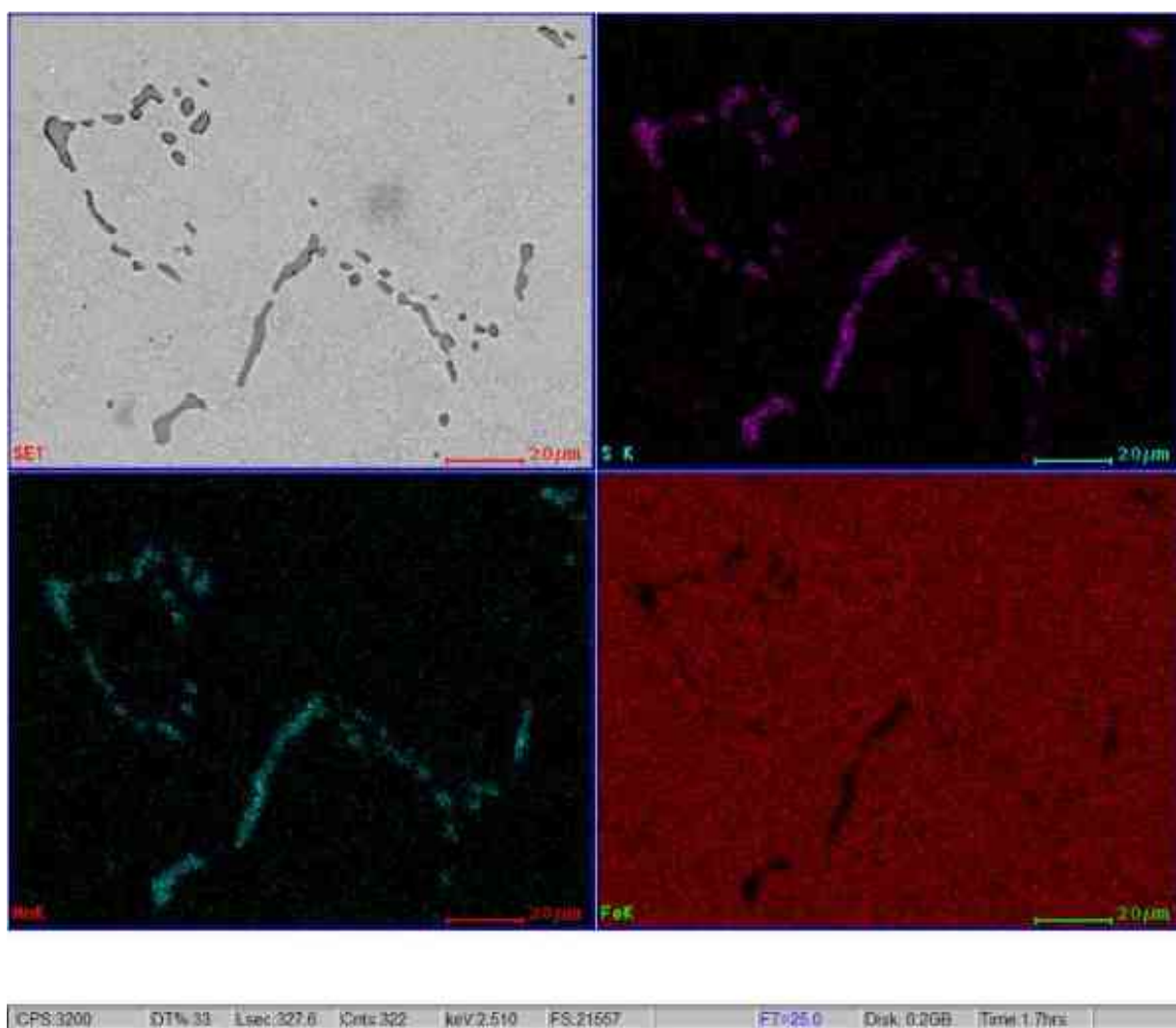


Fig.11 Distributia elementelor Mn,S si Fe in microzona evidentiata in coltul stanga sus

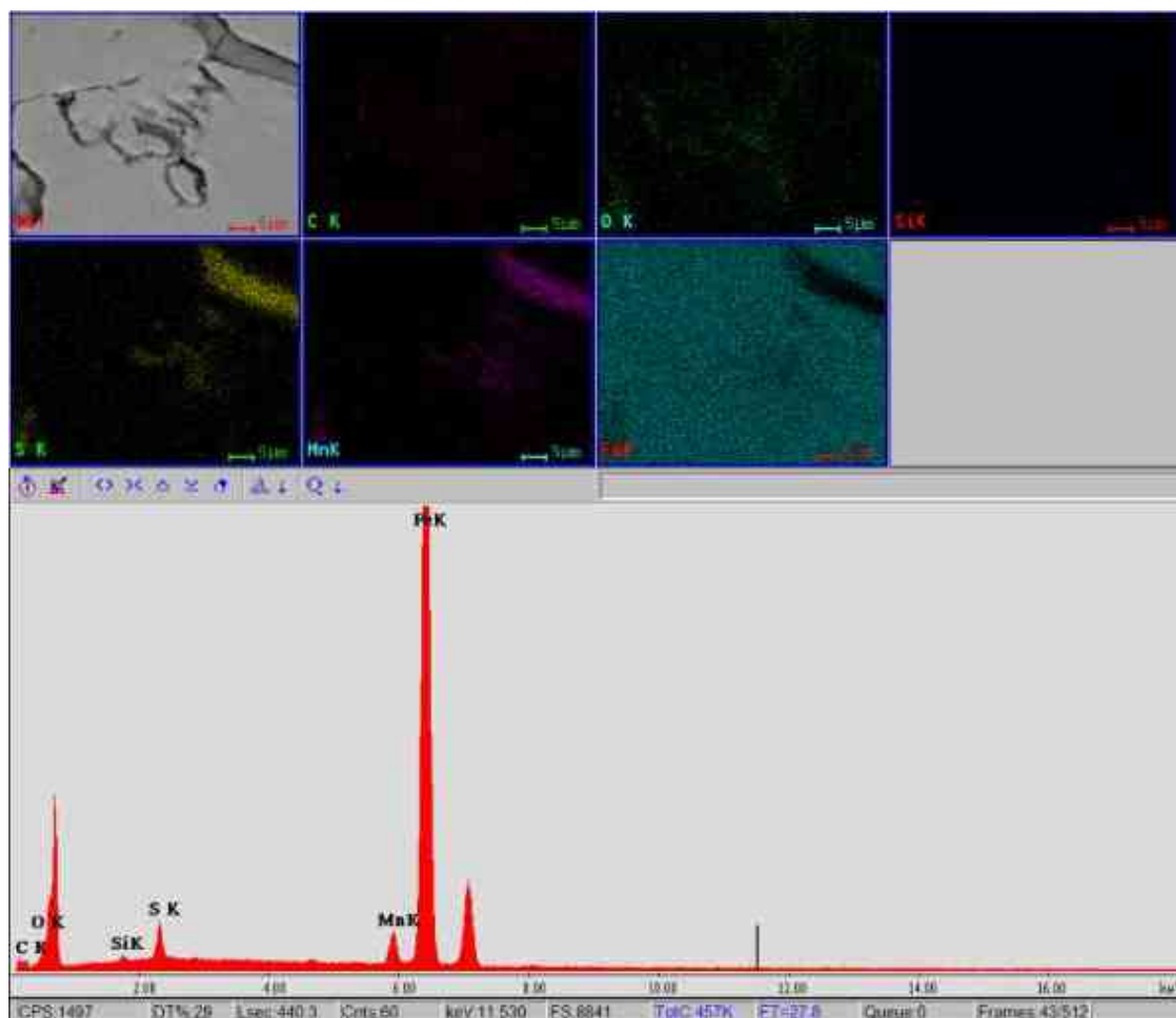


Fig.12 Distributia elementelor evidentiata prin spectrul de raze X dispersiv in energie in microaria din coltul stanga sus. Microaria este adiacenta suprafetei de rupere si corespunde probei 1.4

4.3. Rezultatele analizei microcompozitiei chimice

Rezultatele analizei compoziției chimice prin spectrometrie de emisie optică, realizate pe spectrometrul ***GNR metal LAB 75-80J*** (acreditat RENAR) sunt prezentate in tabelul de mai jos pentru fiecare probă:

Element	Concentrație, %			
	Proba 1.1	Proba 2.1	Proba 2.2	Proba 3.1
C	0.289	0.299	0.300	0.297
Si	0.301	0.299	0.290	0.293
Mn	0.893	0.921	0.911	0.908
P	0.032	0.035	0.031	0.036
S	0.050	0.060	0.056	0.057
Cr	0.045	0.043	0.043	0.049
Mo	0.010	0.008	0.007	0.004
Ni	0.081	0.082	0.081	0.081
Nb	0	0	0	0
Al	0.008	0.008	0.008	0.008
Cu	0.364	0.351	0.350	0.346
Co	0.009	0.009	0.008	0.006
B	0	0	0	0
As	0.013	0.012	0.009	0.011
Ca	0.001	0.001	0.001	0.001
Pb	0.005	0.002	0.001	0
Sn	0.016	0.017	0.016	0.017
Ti	0.001	0.001	0.001	0
V	0	0	0	0
W	0.016	0.004	0	0
Fe	97.862	97.847	97.887	97.886

Analiza rezultatelor prezentate mai sus arata faptul ca concentratia sulfurului in probele prelevate din zona suprafetei de rupere depaseste limita superioara a

concentratiei admise de sulf in material (max 0,04%). De asemenea limita superioara a concentratiei de Cu maxim admise (0,3%) este depasita.

5. CONCLUZII

- Examinarea vizuala a suprafetei de rupere arata faptul ca aceasta este o rupere la oboseala;

-Examinarea microscopica a suprafetei de rupere nu a putut furniza elemente noi din cauza starii de corodare avansata (corodare ce a avut loc ulterior evenimentului) a suprafetei de rupere;

-Examinarea microscopica si investigarea prin microanaliza de raze X a materialului din zona adiacenta a suprafetei de rupere a fusului de osie pune in evidenta urmatoorii factori defavorabili :

a) existenta in sectiune transversala pe fus a retelelor discontinue de incluziuni MnS, factor defavorizant pentru proprietatile mecanice ale materialului.

b)existenta sirurilor de incluziuni (observate in sectiunea transversala pe fus) ce emerg in margine, pot constitui amorse de rupere si amorse de coroziune ale materialului;

-Analiza compozitiei chimice arata faptul ca sulful este prezent in probele analizate, in concentratii mai mari (de la 0,05 la 0,06%) decat limita maxim admisa (0,04%, conform normei de material). De asemenea limita superioara a concentratiei de Cu maxim admise (0,3%) este depasita.

6.COMENTARII

Fata de un material ce are sulful in concentratie admisa de norma, acest excedent de sulf atrage mai mult mangan (formandu-se incluziuni MnS) din ferita existenta in material si astfel saracirea feritei in mangan afecteaza proprietatile de rupere la oboseala ale materialului.

Prezenta cuprului, desi limita superioara admisa este doar usor depasita, poate fi un factor defavorizant. Astfel, forjarea la temperaturi mai inalte de 1050grade C poate duce la formarea fisurilor superficiale, chiar la un continut in Cu de circa 0,2%, aceasta datorita topirii constituentului bogat in Cu care se gaseste sub stratul de arsura ca rezultat al oxidarii otelului si formarii arsurii, stratul de otel imediat de sub stratul de arsura imbogatindu-se in Cu.

Colectiv de lucru,

Prof.dr.ing. Cristian PREDESCU

CS1 dr.ing. Eugeniu VASILE