



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI  
ŞI PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSDRU



Fondul Social European  
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale  
2007-2013



MINISTERUL  
EDUCAȚIEI  
CERCETĂRII  
TINERETULUI  
ȘI SPORȚULUI

OPOSDRU



UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
din BUCUREȘTI

### **FONDUL SOCIAL EUROPEAN**

**Investește în oameni!**

Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Proiect POSDRU/159/1.5/S/132395-Burse doctorale și postdoctorale în sprijinul inovării și competitivității în cercetareInnoRESEARCH

**UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN BUCUREȘTI**  
FACULTATEA INGINERIA ȘI MANAGEMENTUL SISTEMELOR TEHNOLOGICE  
ȘCOALA DOCTORALĂ I.M.S.T. – DEPARTAMENTUL T.M.S.

# **TEZĂ DE DOCTORAT**

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA SISTEMULUI  
DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII ASUPRA  
NECONFORMITĂȚILOR PRODUSELOR DIN INDUSTRIA  
ENERGETICĂ**

**STUDIES AND RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE  
QUALITY MANAGEMENT SYSTEM ON THE  
NON-CONFORMITY OF ENERGY INDUSTRY PRODUCTS**

**Autor:**

**Ing. MILITARU (Bratu) I. Elena- Mădălina**

**Conducător științific de doctorat:**

**PROF. UNIV. DR. ING. Gabriel- Marius DUMITRU**

**BUCUREȘTI**  
**2018**



UNIUNEA EUROPEANĂ

GUVERNUL ROMÂNIEI  
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI  
ŞI PROTECȚIEI SOCIALE  
AMPOSURUFond Social European  
POSDRU 2007-2013Instrumente Structurale  
2007-2013

OIPOSDRU

UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
din BUCUREȘTI**FONDUL SOCIAL EUROPEAN****Investește în oameni!**

Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

Proiect POSDRU/159/1.5/S/132395-Burse doctorale și postdoctorale în sprijinul inovării și competitivității în cercetareInnoRESEARCH

**UNIVERSITATEA „POLITEHNICA” DIN BUCUREȘTI**  
**FACULTATEA INGINERIA ȘI MANAGEMENTUL SISTEMELOR TEHNOLOGICE**  
**ȘCOALA DOCTORALĂ I.M.S.T. – DEPARTAMENTUL T.M.S.**

# TEZĂ DE DOCTORAT

Nr.Decizie SENAT: 255 din 06.07.2018

**STUDII ȘI CERCETĂRI PRIVIND INFLUENȚA SISTEMULUI DE  
 MANAGEMENT AL CALITĂȚII ASUPRA NECONFORMITĂȚILOR  
 PRODUSELOR DIN INDUSTRIA ENERGETICĂ**

**STUDIES AND RESEARCH ON THE INFLUENCE OF THE QUALITY  
 MANAGEMENT SYSTEM ON THE NON-CONFORMITY OF ENERGY  
 INDUSTRY PRODUCTS**

**Autor:****Ing. MILITARU (Bratu) I. Elena- Mădălina****Conducător științific de doctorat:****PROF. UNIV. DR. ING. GABRIEL MARIUS DUMITRU**

## COMISIA DE DOCTORAT

<b>Președinte</b>	Prof.dr.ing. Cristian DOICIN	de la	Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti
<b>Conducător de doctorat</b>	Prof.dr.ing. Gabriel - Marius DUMITRU	de la	Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti
<b>Membru</b>	Prof.dr.ing. Valentin PETRESCU	de la	Universitatea LUCIAN BLAGA din Sibiu
<b>Membru</b>	Prof.dr.ing. Radu IOVĂNAȘ	de la	Universitatea TRANSILVANIA din Brașov
<b>Membru</b>	Prof.dr.ing. Gabriel IACOBESCU	de la	Universitatea POLITEHNICA din Bucuresti

București 2018

## **INTRODUCERE**

Cercetările teoretice și experimentale întreprinse în prezenta teză de doctorat sunt de actualitate și se înscriu în preocupările producătorilor de echipamente energetice, români și străini.

Aceste investigații se referă la studiul influenței Sistemului de Management al Calității, asupra neconformităților apărute în procesele de fabricație și menenanță a echipamentelor energetice.

În contextul economic actual, se evidențiază o creștere semnificativă a importanței problemei calității, factor decisiv al competitivității producătorilor de echipamente energetice.

Fiind vorba despre producție de piese agabaritice, de serie mică și nu de puține ori, unicat, apariția unei neconformități poate aduce un dezechilibru semnificativ organizației, în orice moment.

În acest context, s-au efectuat cercetări privind modul de identificare, tratare și soluționare a neconformităților, urmărindu-se reducerea lor.

S-a analizat modul de identificare a neconformităților, prin mai multe metode de control nedistructiv.

Prinț-o codare a cauzelor și a defectelor, rapoartele de neconformitate înregistrate pe parcursul unui an au fost clasificate și analizate.

În baza unei analizei anuale a noncalități, s-a identificat că variația temperaturii, de la un anotimp la altul, generează o serie de erori ale sistemului de măsurare a MU. Ponderea pierderilor înregistrate astfel este una semnificativă, drept pentru care s-a propus o soluție de eliminare a acestei probleme.

## **ABSTRACT**

The theoretical and experimental researches carried out in this PhD thesis are topical and concern the concerns of the Romanian, and foreign energy equipment manufacturers.

These investigations refer to the study of the influence of the Quality Management System on the nonconformities in the manufacturing and maintenance processes of the energy equipment.

In the current economic context, there is a significant increase in the importance of the quality problem, a decisive factor in the competitiveness of energy equipment manufacturers. As the production of oversized, small series pieces, and not a few times, unique, the appearance of a non-quality can bring significant disturb to the organization at any time.

In this context, research has been carried out on how to identify, treat and solve nonconformities, aiming at their reduction.

Analyzing how nonconformities are identified by several non-destructive control methods.

Through a cause and defect coding, non-conformance reports recorded over the course of a year were categorized and analyzed.

Based on an annual analysis of non-qualities, it has been identified that the temperature variation, from one season to the next, generates a series of errors in the MU measurement system. The share of losses thus recorded is significant, so a solution has been proposed to eliminate this problems.

## CUPRINS

Obiective lucrării.....	III
Scopul lucrării .....	III
Structura lucrării .....	IV
 CENTRALIZATOR REZULTATE .....	VI
LISTA CU SIMBOLURI ȘI TERMENI SPECIFIȚI UTILIZAȚI ÎN TEZA DE DOCTORAT.....	VI
LISTA CU ABREVIERI UTILIZATE ÎN TEZA DE DOCTORAT .....	VII
LISTA FIGURILOR UTILIZATE IN TEZA DE DOCTORAT .....	VIII
LISTA TABELELOR UTILIZATE IN TEZA DE DOCTORAT .....	IX

### CAPITOLUL 1

#### ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE IMPLEMENTARE A SISTEMULUI DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII, ÎNTR-UNA DINTE ORGANIZAȚIILE DIN INDUSTRIA PRODUCĂTOARE DE ECHIPAMENTE ENERGETICE

1.1.CONSIDERĂȚII GENERALE .....	6
1.1.1. Definirea conceptului de management al calității .....	6
1.1.2. Principii de management al calității .....	6
1.2. ABORDAREA SISTEMULUI DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII ÎN CADRUL UNEI ORGANIZAȚII DIN INDUSTRIA PRODUCĂTOARE DE ECHIPAMENTE ENERGETICE.....	7
1.3. OBIECTIVELE SMC.....	9
1.4. REALIZAREA PRODUSULUI.....	9
1.4.1. Procese referitoare la relația cu clientul .....	10
1.4.2. Proiectarea și dezvoltarea produsului.....	10
1.5. CONTROLUL PRODUCȚIEI ȘI AL FURNIZĂRII SERVICIULUI.....	12
1.6. ACȚIUNI CORECTIVE ȘI PREVENTIVE.....	12
1.6.1. Acțiuni corective .....	13
1.6.2. Acțiuni preventive .....	14
1.7.VALIDAREA PROCESELOR DE PROducțIE ȘI DE FURNIZARE DE SERVICII .....	14
1.8. MODELUL SMC BAZAT PE PROCES .....	14

### CAPITOLUL 2

#### ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE IDENTIFICARE PRIN METODE DE CONTROL NEDISTRUCTIV, A NECONFORMITĂȚILOR, APĂRUTE ÎN PROCESUL DE PROducțIE A ECHIPAMENTELOR ENERGETICE .....

2.1. ASPECTE GENERALE ÎN CONTROLUL NEDISTRUCTIV .....	17
2.1.1. Introducere .....	17
2.1.2. Generalități .....	18
2.2. EXAMINAREA OPTICO-VIZUALĂ .....	20
2.2.1. Noțiuni generale .....	20
2.2.2. Modalități de examinare vizuală.....	20
2.2.3. Parametrii regimului de examinare optico-vizuală .....	21
2.2.4. Studiu de caz .....	21
2.3. EXAMINAREA DIMENSIONALĂ .....	22
2.3.1. Abateri dimensionale, de formă și de poziție .....	22
2.3.2. Precizia dimensională .....	23

2.3.3. Precizia de prelucrare. Abateri specifice .....	25
2.3.4. Control dimensional folosind mașinile de măsurat în coordonate .....	27
2.3.5. Studiu de caz .....	27
<b>2.4. EXAMINAREA CU LICHIDE PENETRANTE .....</b>	<b>28</b>
2.4.1. Terminologie și noțiuni generale .....	28
2.4.2. Materiale utilizate la examinarea cu lichide penetrante .....	29
2.4.3. Etapele controlului cu lichide penetrante .....	31
2.4.4. Parametrii examinării cu lichide penetrante .....	35
2.4.5. Studiu de caz .....	35
<b>2.5. EXAMINAREA CU PULBERI MAGNETICE .....</b>	<b>35</b>
2.5.1. Terminologie și noțiuni generale .....	35
2.5.2. Materiale utilizate la examinarea cu pulberi magnetice .....	39
2.5.3. Etapele controlului cu pulberi magnetice .....	39
2.5.4. Parametrii examinării cu pulberi magnetice .....	46
2.5.5. Studiu de caz .....	46
<b>2.6. EXAMINAREA CU ULTRASUNETE .....</b>	<b>47</b>
2.6.1. Terminologie și noțiuni generale .....	47
2.6.2. Producerea ultrasunetelor .....	48
2.6.3. Particularitățile examinării și domeniul de aplicare .....	48
2.6.4. Studiu de caz .....	53
<b>2.7. CONCLUZII .....</b>	<b>53</b>

**CAPITOLUL 3**

<b>ANALIZA MODULUI DE TRATARE A NECONFORMITĂȚILOR APĂRUTE ÎN PROCESUL DE PRODUCȚIE A ECHIPAMENTELOR ENERGETICE .....</b>	<b>55</b>
3.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE .....	55
3.2. RAPORTUL DE NECONFORMITATE .....	56
3.2.1. Deschiderea raportului de neconformitate .....	56
3.2.2. Închiderea neconformității .....	58
3.3. STUDIU DE CAZ .....	58
CONCLUZII .....	63

**CAPITOLUL 4**

<b>CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CORELAȚIA SMC- NECONFORMITĂȚI ÎN INDUSTRIA ENERGETICĂ .....</b>	<b>64</b>
4.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE .....	64
4.2. ANALIZA LUNARĂ A NECONFORMITĂȚILOR .....	64
4.3. ANALIZA ANUALĂ A NECONFORMITĂȚILOR .....	74
4.4. REZULTATE EXPERIMENTALE .....	74
4.4.1. Raport de monitorizare, masurare și analiză a procesului pentru anul 2016 .....	74

**CAPITOLUL 5**

<b>CERCETĂRI PRIVIND ELIMINAREA NECONFORMITĂȚILOR GENERATE DE EROAREA DE MĂSURARE A MAȘINILOR - UNELTE .....</b>	<b>79</b>
5.1. NOȚIUNI INTRODUCTIVE .....	79
5.2. DEFINIȚII .....	79
5.3. CONDIȚII PREALABILE .....	80
5.4. CONDIȚII DE VERIFICARE .....	81
5.4.1. Mașina supusă verificării .....	81
5.4.2. Preîncălzirea mașinii .....	81
5.4.3. Metoda de verificare .....	81
5.5. EVALUAREA REZULTATELOR .....	82

5.6. SURSELE DE ERORI.....	85
5.6.1. Eroarea de mediu.....	85
5.6.2. Eroarea de cursă moartă .....	86
5.6.3. Eroarea cosinus .....	86
5.6.4. Eroarea Abbe .....	87
5.7. STUDIU DE CAZ .....	87
5.8. CONCLUZII.....	88
<b>CAPITOLUL 6</b>	
<b>CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE, DIRECȚII DE CERCETARE ÎN PERSPECTIVĂ .....</b>	<b>89</b>
6.1. CONCLUZII FINALE.....	89
6.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE .....	90
6.2.1. Contribuții teoretice.....	90
6.2.2. Contribuții experimentale.....	90
6.3. DIRECȚII DE CERCETARE ÎN PERSPECTIVĂ.....	91
<b>ANEXA 1 .....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXA 2 .....</b>	<b>92</b>
<b>BIBLIOGRAFIE .....</b>	<b>105</b>

## **OBIECTIVELE LUCRĂRII**

Cercetările teoretice și experimentale efectuate în prezenta teză de doctorat sunt axate pe următoarele obiective :

- analiza modului de înregistrare și tratare a neconformităților în vederea scăderii numărului acestora;
- realizarea unor analize comparative privind eficiența Sistemului de Management al Calității asupra neconformităților produse din industria producătoare de echipamente energetice;
- stabilirea unei metodologii ce va putea deschide noi direcții de inovare/ cercetare în scopul eliminării non-calității;
- identificarea unor măsuri de îmbunătățire a Sistemului de Management al Calității într-una dintre societățile comerciale din industria producătoare de utilaje energetice;
- scăderea numărului neconformităților cu 80%.

## **SCOPUL LUCRĂRII**

În industria producătoare de utilaje energetice, dar și în alte domenii, pentru a rămâne lider pe piață, se impune creșterea calității. Aceasta se poate realiza prin scăderea numărului de piese neconforme apărute în oricare dintre fazele procesului de fabricație. Pentru obținerea acestui obiectiv, o mare importanță o au verificarea și controlul, începând de la furnizorii de materie primă și continuând până la punerea în funcțiune a mașinii electrice .

Datorită faptului că se execută piese de dimensiuni mari și din materiale înalt aliate, impactul apariției unei neconformități, ce atrage după sine un rebut, poate conduce la o destabilizare financiară semnificativă, la nivel de organizație, deci este esențială eliminarea acestei posibile apariții.

\*  
\* \*

Exprim profunda mea recunoștință și deplina considerație față de Domnul Prof. Univ. Dr. Ing. Gabriel Marius Dumitru, coordonatorul științific al tezei de doctorat, pentru recomandările, îndrumările, răbdarea și devotamentul arătate pe parcursul întregii perioade de studiu doctoral.

Adresez mulțumirile mele tuturor celor care m-au sprijinit, încurajat și mi-au acordat încredere, în urcușul către ținta finală a cercetării doctorale.

Doresc să exprim deosebite mulțumiri și toată recunoștința mea față de familie, care mi-a permis să-mi rezerv o mare parte din timp pentru pregătirea tezei.

## **STRUCTURA TEZEI**

Lucrarea de doctorat prezintă cercetările teoretice și experimentale privind influența Sistemului de Management al Calității asupra neconformităților produselor din industria energetică:

Lucrarea de doctorat cuprinde 6 capituloare și este reprezentată schematic în figura 1:

**Capitolul 1-** prezintă analiza stadiului actual de implementare a Sistemului de Management al Calității, într-una dintre organizațiile din industria producătoare de echipamente energetice;

**Capitolul 2-** relevă cercetările teoretice privind identificarea neconformităților, prin diferite metode de control nedistructiv ;

**Capitolul 3-** prezintă analiza modului de tratare a neconformităților apărute în procesul de fabricație a componentelor de turbine, generatoare și compresoare, utilizate în industria energetică;

**Capitolul 4-** evidențiază centralizarea unor rezultate experimentale a neconformitatilor, apărute în cadrul unei organizații din industria producătoare de echipamente energetice, pe parcursul unui an;

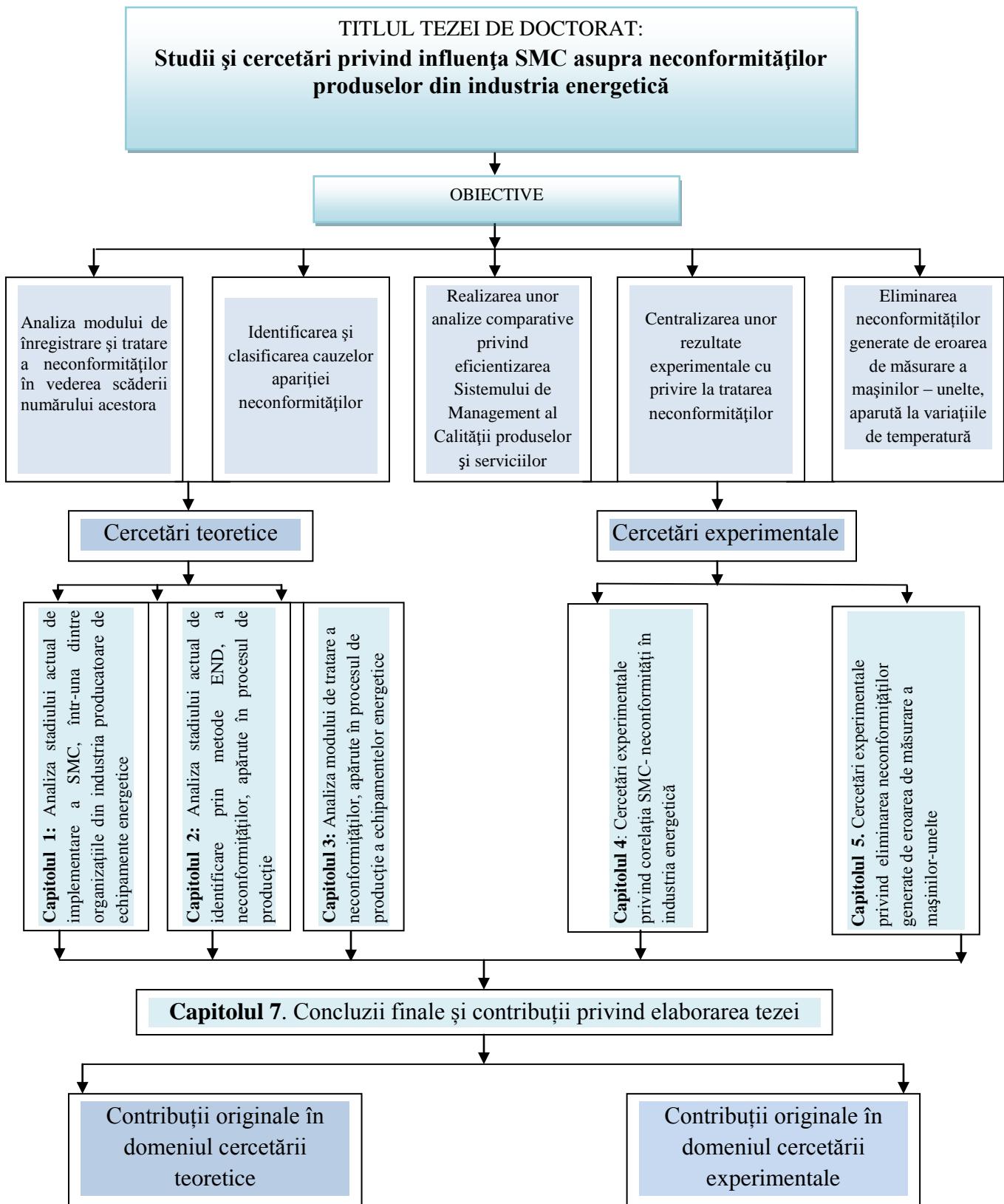
**Capitolul 5-** relevă cercetările practice privind eliminarea neconformităților generate de erorile de măsurare ale mașinilor – unelte, înregistrate la variațiile de temperatură.

**Capitolul 6-** conține concluziile finale, contribuțiile și direcțiile de cercetare, în perspectivă.

Lucrarea se încheie cu o bibliografie selectivă cuprinzând un număr de 128 de titluri reprezentând articole de specialitate, standarde de referință, metode de etalonare / măsurare și un total de 7 lucrări ce aparțin autorului prezentei teze de doctorat.

## **ACKNOWLEDGMENT**

*Rezultatele prezentate în aceasta lucrare au fost obținute cu sprijinul Ministerului Fondurilor Europene prin Programul Operational Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013, Contract nr. Proiect POSDRU/159/1.5/S/132395- Burse doctorale și postdoctorale în sprijinul inovării și competitivității în cercetareInnoRESEARCH.*



*Figura 1- Structura tezei de doctorat*

## CENTRALIZATOR REZULTATE

### I. Lucrari publicate- (articole)

1. *Militaru E.M., Moroșanu A.D., Hudea L., Dumitru M.G.*- Research of NDT examination of the turbine parts using magnetic particles;/ Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;
2. *Goran M., Bușaru A.E., Militaru E.M., Dumitru M.G., Hudea L.*- “Modeling process control by Eddy Currents of thermal sprayed coatings”; / Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;
3. *Goran M., Militaru E.M., Dumitru M.G., Hudea L.*- Applying the management principles of quality in the non-destructive control processes associated to reconditioning, octombrie 2015, The 7th International Conference of Management and Industrial Engineering ICMEE 2015- Management-The Key Driver for Creating Value; Editura Niculescu, Volumul 7/ 22-23 octombrie, 2015/ISSN-L 2344-0937; pag. 482-487;
4. *Gheta R.A.; Dumitru B.; Dumitru M.G.; Militaru E.M.* - “Thermo-mechanical analysis of sprayed layers using the finite element method”, The Annals of ”Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, No.2-2016, ISSN 1453-083X, [http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2\\_1\\_2016.pdf](http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2_1_2016.pdf);
5. *Moroșanu A.D., Militaru E.M., Dumitru M.G.*- Aspects regarding the traceability in temperature measurements, The Annals of ”Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, No.4-2016, ISSN 1453-083X ;
6. *Militaru E.M., Moroșanu A.D., Goran M., Dumitru M.G.*- “Research of NDT examination of the turbine components using liquid penetrant inspection” TEHNOMUS Journal New Tehnologies and Products in Machine Manufacturing Tehnologies, 2017, ISSN-1224-029X; E- ISSN-2247-6016, No.24-183-188 pg;
7. *Militaru (Bratu) E.M., Gheta R.A., Bratu A.V. ; Dumitru M.G, Iacobescu G.*- Analysis of the treatment of non-conformities in the manufacturing process of turbine components, generators and compressors used in the energy industry, în curs de publicare în Buletin UPB, 2018.

## **II . Lucrari comunicate (sustinute la conferinte)**

1. *Militaru E.M, Moroșanu A.D., Hudea L., Dumitru M.G.*- Research of NDT examination of the turbine parts using magnetic particles;/ Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;
2. *Goran M., Bușaru A.E., Militaru E.M., Dumitru M.G., Hudea L.*- “Modeling process control by Eddy Currents of thermal sprayed coatings”; / Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;
3. *Gheta R.A.; Dumitru B.; Dumitru M.G.; Militaru E.M.*- “Thermo-mechanical analysis of sprayed layers using the finite element method”, The Annals of ”Dunarea de Jos” University of Galati, Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, No.2-2016, ISSN 1453-083X, [http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2\\_1\\_2016.pdf](http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2_1_2016.pdf).

## **LISTA CU SIMBOLURI ȘI TERMENI SPECIFICI UTILIZAȚI ÎN TEZA DE DOCTORAT**

Pentru o corectă interpretare a textului tezei de doctorat, în tabelul 0.1. se prezintă simbolurile și termenii specifici utilizați, în conformitate cu standardele în vigoare.

*Tabelul 0.1. Lista cu simbolurile și termenii specifici utilizați în teza de doctorat*

Nr.crt.	Simbol	U.M.	Denumire	Standard
1.	Ø	mm	diametrul	SI
2.	mm	m	milimetru	SI
3.	µm	m	micrometru	SI
4.	T	k	Temperatura	ISO 452
5.	I	A	Intensitatea curentului electric	SI
6.	U	V	Tensiune electrică	SI
7.	f	Hz	Frecvență	MGS
6.	v	m/s	Viteză	ISO 527/DIN 53455
7.	min	s	minute	SI
8.	rpm	m/s	Viteză	ISO 527/DIN 53455
9.	kg	g	kilogram	SI
10.	t	g	tone	SI
11.	Al	-	aluminiu	Sistemul Periodic
12.	Cu	-	cupru	Sistemul Periodic
13.	Ni	-	nichel	Sistemul Periodic
14.	Cr	-	crom	Sistemul Periodic
15.	P	mm	pas filet	ISO 724

## **LISTA CU ABREVIERI UTILIZATE ÎN TEZA DE DOCTORAT**

Pentru o corectă interpretare a textului, în tabelul 0.2. se prezintă lista cu abrevieri utilizate în teza de doctorat.

*Tabelul 0.2 Lista cu abrevierile utilizate în teza de doctorat*

<b>Nr.crt.</b>	<b>Simbol (abreviere)</b>	<b>Semnificația abrevierii</b>
1.	SMC	Sistem de Management al Calitatii
2.	MSMI	Manualul Sistemului de Management Integrat
3.	QPC	Planul Calitatii Ofertare
4.	QP	Planul Calitatii Executie
5.	RN	Raport de Neconformitate
6.	ROC	Raport de Observatii privind Calitatea
7.	DDR	Cerere de Derogare
8.	min.	minim
9.	max.	maxim
10.	NDT	non-destructive testings
11.	END	examinari nedistructive
12.	LP	examinare cu lichide penetrante
13.	PM	examinare cu pulberi magnetice
14.	MT	<i>magnetic test-</i> control cu pulberi magnetice
15.	US	examinare cu ultrasunete
16.	RX	examinare cu radiații X
17.	SDV	scule si dispozitive verificatoare
18.	MU	masină- unealtă
19.	P	pas filet
20.	IP	înaltă presiune
21.	MP	medie presiune
22.	JP	joasă presiune
23.	int.	interior
24.	ext.	exterior

## LISTA FIGURILOR UTILIZATE ÎN TEZA DE DOCTORAT

Pentru o corectă interpretare a textului, în tabelul 0.3 se prezintă lista cu figurile utilizate în teza de doctorat.

*Tabelul 0.3. Lista figurilor utilizate în teza de doctorat*

Nr.crt.	Nr. figura	Denumire
1.	1.1	Modelul sistemului de management al calității bazat pe proces
2.	1.2	Interacțiunea proceselor din cadrul organizației
3.	1.3	Structura documentelor SMC
4.	2.1	Semifabricat turnat- carcasa turbină cu abur IP
5.	2.2	Semifabricat forjat- arbore rotor generator
6.	2.3	Semifabricat laminat- palete trepte 1, 2, pentru rotor turbină JP
7.	2.4	Ansamblu sudat- Spider
8.	2.5	Lupe control vizual
9.	2.6	Endoscop
10.	2.7	Examinarea endoscopică rotor generator
11.	2.8	Dimensiune nominală
12.	2.9	Simbolizare piese de tip arbore- alezaj
13.	2.10	Exemplu de piese
14.	2.11	TIGO SF - Mașină de măsurat în coordonate pentru atelier
15.	2.12	Pasaport batai radiale și frontale pentru ansamblu rotor JP
16.	2.13	Sensibilitatea absolută a metodei de examinare cu lichide penetrante
17.	2.14	Etapele examinării cu LP
18.	2.15	Set examinare LP și piesa examinată
19.	2.16	Control cu LP- corp intermediar
20.	2.17	Variată numărului de controale LP
21.	2.18	Exemplificarea tipurilor de defecte identificate prin control PM
22.	2.19	Paleta rotor IP, controlată cu PM
23.	2.20	Magnetizarea unei piese: (a) fără discontinuitate; (b) a uneia cu discontinuitate
24.	2.21	Perturbarea linilor de câmp de către discontinuități
25.	2.22	Etapele examinării cu PM
26.	2.23	Tipuri de magnetizare
27.	2.24	Jug magnetic
28.	2.25	Pulbere magnetică fluorescentă
29.	2.26	Suspensie magnetică
30.	2.27	Examinare PM- arbore rotor turbină IP, tip F1C 330MW
31.	2.28	Variată numărului de controale PM
32.	2.29	Schema emisie- receptive US
33.	2.30	Schema de aplicare a metodei- Aparate US- Defectoscopul ultrasonic
34.	2.31	Exemplu de scanare piese prin metoda de examinare cu US
35.	2.32	Variată controalelor END

<i>Nr.crt.</i>	<i>Nr. figura</i>	<i>Denumire</i>
36.	3.1	Neconformități identificate în urma controlelor:a) vizual; b) lichide penetrante; c) pulberi magnetice; d) ultrasunete
37.	3.2	Neconformități identificate în urma: a) încercări la duritate Brinell; b) încercări la etanșeitate (proba pneumatică)
38.	4.1	Butuc paletă Kaplan nr.1- semifabricat
39.	4.2	Rotor monobloc- semifabricat
40.	4.3	Bowl- intrare de sculă
41.	4.4	Butuc paletă Kaplan nr.2- semifabricat
42.	4.5	Butuc paletă Kaplan nr.3
43.	4.6	Cutie lagăr spate
44.	4.7	Portlabirint piston superior
45.	4.8	Semicarcasa inferioara
46.	4.9	Carcasa superioara
47.	4.10	Ansamblu rotor compresor
48.	4.11	Suport ventil
49.	4.12	Cuzinet
50.	4.13	Graficul Rapoartelor de neconformitate emise
51.	4.14	Graficul variației costurilor neconformitatilor
52.	4.15	Variată ROC
53.	5.1	Mașina de alezat și frezat cu arbore principal în poziție orizontală PAMA

## **LISTA TABELELOR UTILIZATE ÎN TEZA DE DOCTORAT**

Pentru o corectă interpretare a textului, în tabelul 0.4. se prezintă lista cu tabelele utilizate în teza de doctorat.

*Tabelul 0.4. Lista tabelelor utilizate în teza de doctorat*

<b>Nr.crt.</b>	<b>Nr. tabel</b>	<b>Denumire</b>
1.	1.1.	<i>Legenda modelului SMC</i>
2.	2.1	<i>Tipuri de traductori utilizati pentru diferite tipuri de piese forjate</i>
3.	3.1	<i>Codificarea cauzelor generatoare de defecte</i>
4.	3.2	<i>Codificarea cauzelor generatoare de defecte</i>
5.	4.1	<i>Rezultate experimentale</i>
6.	4.2	<i>Centralizarea cauzelor apariției defectelor, după cod</i>
7.	4.3	<i>Situată Rapoartelor de neconformitate emise lunar</i>
8.	4.4	<i>Monitorizarea cauzelor de neconformitate</i>
9.	4.5	<i>Analiza comparativă a procentului costurilor neconformităților</i>
10.	4.6	<i>Variația Rapoartelor de Acțiune Corectivă</i>
11.	4.7	<i>Centralizare controale efectuate în anul 2016</i>

## CAPITOLUL 1:

### ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE IMPLEMENTARE A SISTEMULUI DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII, ÎNTR- UNA DIN TRE ORGANIZAȚIILE DIN INDUSTRIA PRODUCĂTOARE DE ECHIPAMENTE ENERGETICE

#### 1.1. CONSIDERAȚII GENERALE

##### 1.1.1. Definirea conceptului de management al calității

Atribuirea unei calități superioare unui produs, pleacă de la premisa că acesta posedă o serie de caracteristici, capabile să satisfacă cerințele clientului [22].

*Calitatea* se definește ca fiind ansamblul de proprietăți și caracteristici ale unui produs care îi conferă acestuia proprietatea de a satisface anumite nevoi. Sensurile acestui termen sunt de natură filosofică, tehnică, economică și socială [53],[92].

Calitatea materialelor folosite la realizarea unei piese, împreună cu concepția de proiectare și tehnologia de fabricație, determină nivelul performanțelor, pe care produsul le poate atinge.[1].

*Cerința*- nevoie sau aşteptare care este declarată, în general implicită sau obligatorie.

*Capabilitatea*- abilitatea unei organizații, sistem sau proces de a realiza un produs care va îndeplini cerințele pentru acel produs [91],[92].

*Sistem de management*- sistem prin care se stabilesc politica și obiectivele și prin care se realizează acele obiective [30],[59],[74],[92].

*Sistem de management al calității*- sistem de management prin care se orientează și se controlează o organizație în ceea ce privește calitatea [74],[92].

##### 1.1.2. Principii de management al calității

Implementarea, menținerea și îmbunătățirea continuă a unui sistem de management al calității a fost o decizie strategică a conducerii de la cel mai înalt nivel din societate.

Proiectarea și implementarea sistemului de management al calității a fost influențată de dinamica domeniului în care societatea își situează obiectul de activitate, dinamică care impune îmbunătățirea continuă a produselor/ serviciilor și a proceselor.

În viziunea modernă produsul este rezultatul material al unui serviciu, al unei misiuni drept pentru care, produsul trebuie să îndeplinească condițiile care definesc calitatea. Astfel, în cazul studiat, particularitățile unui produs referitoare la calitate se manifestă în sfera producției și rămân necunoscute pentru client. Beneficiarul este interesat doar de modul în care un produs răspunde necesităților sale, de ce fiabilitate are și ce menenanță necesită, toate acestea generând nivelul calității [9],[22],[79].

Se poate utiliza o relație de estimare a calității  $Q$  de forma ecuației 1.1:

$$Q = q_u \varphi(c) \varphi(p) \quad (1.1)$$

unde:

- $q$  - calitatea definită de cerințele beneficiarului (calitatea de utilizare);
- $\varphi(c)$  - indicator al caracteristicilor calitative realizabile prin documentația tehnică (calitatea concepției);
- $\varphi(p)$  - indicator al nivelului de conformitate a producției (fabricației) față de prevederile din documentația tehnică (calitatea fabricației).

## **1.2. ABORDAREA SISTEMULUI DE MANAGEMENT AL CALITĂȚII ÎN CADRUL UNEI ORGANIZAȚII DIN INDUSTRIA PRODUCĂTOARE DE ECHIPAMENTE ENERGETICE**

Fiecare societate, prin entitățile implicate, planifică și dezvoltă procesele necesare realizării produselor contractate în conformitate cu documentația de proiectare constructivă și cerințele contractuale. Stabilirea relațiilor calitate-nevoi-utilitate, produse-servicii, a funcțiilor și factorilor calității reprezintă adesea, preocuparea a tot mai mulți dintre noi [32]. Activitatea de planificare a realizării produsului începe din etapa de analiză a cerințelor clientului, exprimate prin cereri de ofertă, propunerile de contracte. Datele de ieșire ale analizei cerințelor clientului determină obiectivele calității, cerințele pentru produs, precum și procesele, documentele și resursele specifice realizării produsului, exprimate prin Planul Calității Ofertare– QPC și documentația tehnologică.

După acceptarea cererii de ofertă și/ sau perfectarea contractului de realizare a produselor/serviciilor, activitățile de verificare, validare, monitorizare, inspecție și încercare specifice produsului contractat, precum și criteriile pentru acceptarea produsului se transpun în documentația tehnologică (Planurile Calității Execuție- QP, proceduri tehnologice și/ sau de control, fișe tehnologice, nomenclatoare) [5].

Planul calității este utilizat pentru a ține sub control efectuarea verificărilor pentru activitățile desfășurate și pentru a furniza înregistrări privitoare la îndeplinirea acestora, cerințele pentru QP sunt dezvoltate încă din fazele de început ale activităților de realizare, identificând succesiunea pașilor inspecțiilor și testelor necesare pentru a demonstra îndeplinirea cerințelor, mijloacele prin care acestea sunt verificate și criteriile de acceptare, astfel încât să se poată demonstra permanent, ținerea sub control a verificărilor efectuate și a înregistrărilor emise [82].

Atunci când se decide ca anumite operații tehnologice (din fluxul de execuție al produsului), să fie externalizate, controlul asupra operațiilor externalizate, se realizează (în funcție de impactul potențial al operației externalizate) astfel:

- a) solicitarea către furnizor de a emite un plan de calitate, în baza căruia se vor stabili operațiile de control, necesar a fi executate, precum și numărul inspecțiilor executate la furnizor;
- b) controlul final, efectuat la receptia operațiilor externalizate.

Pentru execuția operațiilor tehnologice ce se vor externaliza, se aleg numai furnizori evaluați din punct de vedere al capabilității tehnice și al respectării cerințelor Sistemului de Management al Calității.

În ceea ce privește costurile de producție, una dintre cele mai renumite organizații producătoare de echipamente energetice, General Electric, a fost prima întreprindere americană, care a introdus un sistem de management bazat pe costurile calității [79].

Înregistrările sunt necesare pentru a furniza dovezi că procesele de realizare și produsul rezultat satisfac cerințele, în conformitate cu documentația tehnologică, documentația de proiectare constructivă și cerințele clientului.

Prin figura 1.1 este redată “Spirala succesului” în activitatea de asigurarea calității, fiind luate în calcul etapele parcurse pentru fabricarea unui echipament energetic [66].

Etapele proiectării, dezvoltării și implementării sistemului de management al calității în societate au inclus [61]:

- a) determinarea necesităților și așteptărilor clienților și altor părți interesate;
- b) stabilirea politicii și obiectivelor firmei referitoare la calitate;
- c) determinarea proceselor și responsabilităților necesare pentru a atinge obiectivele calității;
- d) determinarea și asigurarea resurselor necesare pentru a atinge obiectivele calității;

- e) stabilirea metodelor de măsurare a eficacității și eficienței fiecărui proces;
- f) aplicarea măsurărilor necesare pentru a determina eficacitatea și eficiența fiecărui proces;
- g) determinarea mijloacelor de prevenire a neconformităților și de eliminare a cauzelor acestora;
- h) stabilirea și aplicarea unui proces pentru îmbunătățirea continuă a sistemului de management al calității.

Adoptând un astfel de mod de abordare generează încredere în capabilitatea proceselor sale și în calitatea produselor/ serviciilor livrate/ prestate și asigură baza pentru îmbunătățirea continuă a performanței globale, urmărind permanent și consecvent creșterea satisfacției clienților, succesul organizației.

În cadrul societății abordarea bazată pe proces a avut la bază diversitatea activităților grupate în procese complexe și în interacțiune, nevoia unui management sistematic al acestora, care să permită permanent identificarea oportunităților de îmbunătățire.

Figura 1 prezintă modelul sistemului de management al calității bazat pe proces, fără prezentarea detaliată la nivel de proces [92].

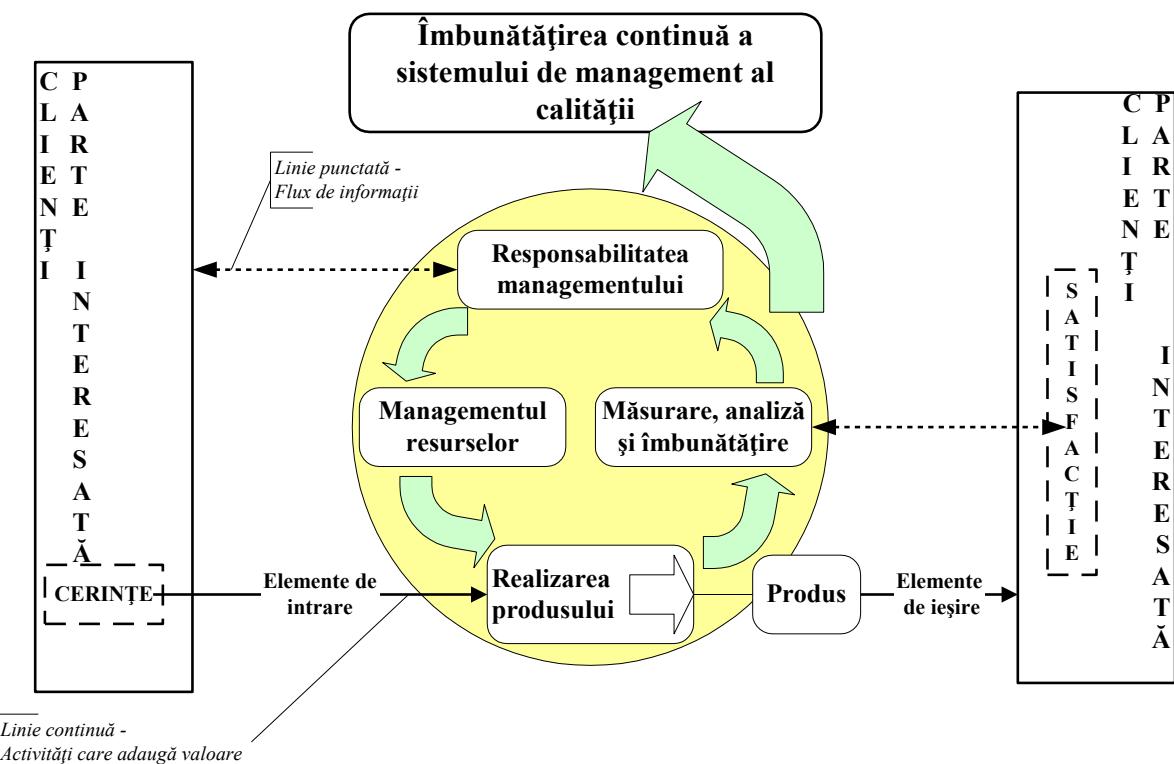


Fig.1.1.: Modelul sistemului de management al calității bazat pe proces [66],[92]

Sistemul de Management al Calității este abordat ca un sistem de procese în continuă interacțiune, asa cum este prezentat în figura 1.1. și asigură înțelegerea și satisfacerea cerințelor clienților, necesitatea de a considera procesele în funcție de valoarea lor, obținerea de rezultate în ceea ce privește performanța și eficacitatea procesului, precum și îmbunătățirea continuă. Aceasta ilustrează, de asemenea, rolul semnificativ pe care îl joacă clienții în definirea cerințelor ca element de intrare. Managementul procesului este aplicat pentru toate procesele care concură la realizarea produsului. Elementele de ieșire din proces sunt verificate. Măsura satisfacției clienților și a celorlalte părți interesate este utilizată ca feed-back pentru evaluarea satisfacerii cerințelor clienților.

*Notă:* Tuturor proceselor li se poate aplica metodologia cunoscută sub numele PDCA (Plan-Do-Check-Act), adică (Planifică-Efectuează-Verifică-Acționează). PDCA poate fi descris astfel:

- Planifică – stabilește obiectivele și procesele necesare obținerii rezultatelor în concordanță cu cerințele clientului și cu politicile organizației.
- Efectuează – implementează procesele.
- Verifică – monitorizează și măsoară procesele și produsul față de politicile, obiectivele și cerințele pentru produs și raportează rezultatele.
- Acționează – întreprinde acțiuni pentru îmbunătățirea continuă a performanțelor proceselor [11],[47].

### **1.3. OBIECTIVELE SMC**

Politica în domeniul calității este elaborată de către conducerea de vârf a întreprinderii. Prin aceasta societatea trebuie să se angajeze să implementeze și să lucreze cu un sistem de management al calității, care va asigura un control al fluxului productiv și o integritate operațională, oferind clienților servicii de cea mai înaltă calitate.

Scopul este să fim cu un pas înaintea concurenței din sfera noastră de activitate prin dezvoltarea produselor noastre, prin creșterea productivității și serviciilor de calitate, urmărind o reducere continuă a deficiențelor interne sau externe și asigurând clienții noștri că ne vom conforma cu cerințele lor luptând în permanență pentru îmbunătățire în tot ceea ce facem pentru a-i servi.

Această politică a calității este realizată prin următoarele obiective:

- desfășurarea unei activități de marketing care să asigure permanentă competitivitate a produselor furnizate;
- inițierea de acțiuni preventive pentru evitarea insatisfației clienților;
- instruirea permanentă a angajaților; acestia trebuie să se conformeze procedurilor sistemului calității proiectat pentru a satisface cerințele expuse și impuse ale clienților servind în același timp la protejarea intereselor organizației;
- conștientizarea la nivelul întregului personal a ideii de calitate ca responsabilitate a fiecărui angajat;
- respectarea riguroasă a calității conform ISO 9001 [92];
- parcurgerea tuturor fazelor de realizare a unei aplicații sau a unui serviciu conform exigențelor clientului și cerințelor contractuale;
- întărirea disciplinei interne de producție;
- auditul intern al calității de către responsabilul cu asigurarea calității;
- definirea clară a necesităților clienților, atât a celor expuse și a celor impuse, și stabilirea de măsuri corespunzătoare pentru realizarea acestora în conformitate cu cerințele contractuale [115].

### **1.4. REALIZAREA PRODUSULUI**

Societatea prin entitățile implicate, planifică și dezvoltă procesele necesare realizării produselor contractate în conformitate cu documentația de proiectare constructivă și cerințele contractuale [71],[81],[89].

Activitatea de planificare a realizării produsului începe din etapa de analiză a cerințelor clientului, exprimate prin cereri de ofertă, propunerile de contracte, etapa desfășurată începând din faza de „Analiza contractului”, conform procedurilor de lucru specifice [91].

Datele de ieșire ale analizei cerințelor clientului determină obiectivele calității, cerințele pentru produs, precum și procesele, documentele și resursele specifice realizării produsului, exprimate prin planul calității ofertare – QPC și documentația tehnologică.

După acceptarea cererii de ofertă și/ sau perfectarea contractului de realizare a produselor/ serviciilor, activitățile de verificare, validare, monitorizare, inspecție și încercare specifice produsului contractat, precum și criteriile pentru acceptarea produsului se transpun în documentația tehnologică (planurile calității execuție - QP, proceduri tehnologice și/ sau de control, fișe tehnologice, nomenclatoare), elaborată de Secția Proiectare.

Planul calității este utilizat pentru a tine sub control efectuarea verificărilor pentru activitățile desfașurate și pentru a furniza înregistrări privitoare la îndeplinirea acestora, cerințele pentru planul calității sunt dezvoltate încă din fazele de început ale activităților de realizare, identificând succesiunea pașilor inspecțiilor și testelor necesare pentru a demonstra îndeplinirea cerințelor, mijloacele prin care acestea sunt verificate și criteriile de acceptare, astfel încât să se poată demonstra permanent, ținerea sub control a verificărilor efectuate și a înregistrărilor emise.

Atunci când se decide ca anumite operații tehnologice (din fluxul de execuție al produsului), să fie externalizate, controlul asupra operațiilor externalizate, se realizează (în funcție de impactul potențial al operației externalizate), astfel:

- c) solicitarea către furnizor de a emite un plan de calitate, în baza căruia se vor stabili operațiile de control, necesare a fi executate, precum și numărul inspecțiilor executate la furnizor;
- d) controlul final, efectuat de reprezentanții societății, la recepția operațiilor externalizate.

#### 1.4.1. Procese referitoare la relația cu clientul

Determinarea cerințelor referitoare la produs, exprimate de client prin cerințele specifice, cât și cerințele nespecifice, dar necesare pentru utilizarea specificată sau intenționată a produselor realizate de societate, cerințele legale și de reglementare sunt analizate de entitățile implicate în realizarea produsului în cadrul procesului de analiză cerințelor clientului [111].

Comunicarea cu clientul în legătură cu informațiile despre produs, tratarea cererilor de ofertă, a contractelor sau comenziilor se realizează de către personalul desemnat, pe toata perioada de derulare a procesului de analiză a cerințelor clientului.

Dupa perfectarea contractului de realizare a produselor, responsabilitatea comunicării cu clientul, inclusiv raportarea stadiului de execuție (daca este cerut contractual).

Obținerea feedbackului de la client, inclusiv urmărirea reclamațiilor acestuia, revine personalului desemnat pentru a comunica cu clientul.

#### 1.4.2. Proiectarea și dezvoltarea produsului

Procesul de proiectare- dezvoltare este planificat, analizat, verificat și validat pentru a asigura că produsele și serviciile rezultate îndeplinește cerințele specificate [10],[123].

În cadrul societății, procesul de proiectare- dezvoltare este derulat de către Secția Proiectare, fiind structurat în proiectare constructivă, rezultatul fiind documentația de proiectare constructivă și proiectare tehnologică, al cărui rezultat îl reprezintă documentația de proiectare tehnologică.

##### 1.4.2.1. Proiectare constructivă

Elementele de intrare ale procesului de proiectare constructivă sunt:

- a) necesitățile și așteptările clientului, specificate prin contract și/ sau studierea tendințelor pieței;
- b) cerințele de execuție a unor SDV-uri necesare în procesul tehnologic de fabricație;
- c) contribuția adusă în realizarea produsului de furnizorii de repere și subansamblu;
- d) capacitatea tehnologică de realizare a produselor proiectate;
- e) necesitățile și așteptările personalului, inclusiv ale personalului care primește documentația de proiectare constructivă (secțiile de producție, Serviciul C.T.C.);
- f) cerințele relevante legale și de reglementare, precum și modificările acestora, specifice produsului;

- g) standardele naționale și internaționale;
- h) informații de feedback, ale proceselor și produselor realizate anterior.

Documentația de proiectare constructivă constituie elementele de ieșire ale procesului de proiectare constructivă și conține date și informații pentru a putea permite verificarea și validarea produsului în raport cu elementele de intrare. Elementele de ieșire ale procesului de proiectare constructivă sunt:

- a) specificații de produs, inclusiv criterii de acceptare (caiete de sarcini, fișe tehnice, desene de execuție, de montaj, de reparații etc.);
- b) specificații de proces (proceduri de lucru, proceduri tehnice etc.);
- c) specificații de material (caiete de sarcini de material);
- d) specificații de încercare (proceduri de control, date tehnice, criterii de acceptare etc.);
- e) cerințe de aprovisionare;
- f) cerințe de instruire;
- g) informații pentru utilizator – instrucțiuni de folosință, menenanță, cărți ale produsului etc;
- h) rapoarte ale încercărilor de calificare.

Documentația de proiectare constructivă, elaborată de Secția Proiectare, este analizată de Comisia de analiza/ avizare proiecte constructive, în raport cu datele de intrare, păstrându-se dovezi obiective ce demonstrează satisfacerea în mod eficace și eficient a cerințelor impuse specifice produsului.

Activitatea de analiză a procesului de proiectare constructivă este realizată sistematic pe toată durata procesului conform „Programul de analiză, verificare și validare a Documentație de Proiectare Constructivă”.

Validarea procesului de proiectare constructivă este realizată pe parcursul realizării produsului, asupra produsului finit sau în condițiile de exploatare ale produsului de către utilizator demonstrând capacitatea produsului de a satisface cerințele impuse și este efectuata de către Comisia de validare proiecte constructive.

Rezultatele analizei, verificării și validării procesului de proiectare constructivă sunt specificate în înregistrările emise.

#### 1.4.2.2. Proiectare tehnologică

Procesul de proiectare tehnologică se identifică cu elaborarea de fișe tehnologice de fabricație produse și servicii, proceduri tehnologice și de control, planuri ale calității, nomenclatoare de produs, fișe tehnologice de fabricație S.D.V.- uri [5],[88].

Planificarea activității de proiectare tehnologică se asigură prin registrele de evidență a repartizării lucrărilor de proiectare care definesc denumirea, numarul și data documentului primit prin care sunt stabilite cerințele de realizare a produsului, emitentul documentului, denumirea lucrării de proiectare, persoana căreia i s-a repartizat lucrarea, termenul de finalizare, respectiv lansare în execuție[123].

Elementele de intrare ale activității de proiectare tehnologică de execuție includ obiectivele și cerințele referitoare la produs, cerințele de funcționare și performanță ale produsului, specificate în documentația de proiectare constructivă, cerințele legale și de reglementare aplicabile, informațiile rezultate din proiecte similare anterioare.

Elementele de ieșire ale proiectării tehnologice sunt: fișele tehnologice de fabricație, proceduri tehnologice, de control și de montaj, planuri ale calității, nomenclatoare de produs, fișe tehnologice de fabricație S.D.V.- uri.

Documentele modificate sunt elaborate, analizate și aprobate în aceleași condiții ca și documentele inițiale.

### **1.5. CONTROLUL PRODUCȚIEI ȘI AL FURNIZĂRII SERVICIULUI**

Realizarea produsului/ furnizării serviciului se realizează în condiții planificate și controlate, astfel încat pe tot parcursul fluxului de fabricație să se asigure la punctele de lucru [10],[47],[92]:

- a) disponibilitatea informațiilor ce descriu caracteristicile produsului;
- b) disponibilitatea procedurilor de lucru, tehnologice, de control sau a procedurilor de proces special;
- a) utilizarea echipamentului adecvat;
- b) disponibilitatea și utilizarea dispozitivelor de măsurare și monitorizare;
- c) implementarea monitorizării și măsurării produsului;
- d) implementarea activităților de eliberare, livrare și post- livrare a produsului.

Disponibilitatea, la punctele de lucru, a informațiilor ce descriu caracteristicile produsului, se realizează prin activitatea de difuzare, la punctele de lucru, a documentației tehnico- economice pentru execuție produse/ servicii [28].

Controlul E.M.M.- urilor utilizate pe fluxul de fabricație al produselor se realizează în conformitate cu cerințele procedurii de sistem "Dispozitive de măsurare și monitorizare".

Monitorizarea și măsurarea produsului, precum și acceptarea acestuia, se realizează de către Serviciul C.T.C., pe parcursul realizării produsului.

Stadiul realizării produselor și serviciilor, destinate instalațiilor nucleare sunt raportate periodic deținătorului sau clientului, conform cerințelor de reglementare și/ sau contractuale.

### **1.6. ACȚIUNI CORECTIVE ȘI PREVENTIVE**

În procesul de îmbunatatire continuă a eficacității SMI, societatea folosește rezultatele acțiunilor corective și preventive întreprinse.

Prin acțiunile corective și preventive întreprinse, societatea stabilește măsuri prin care se asigură că:

- a) neconformitățile importante sunt analizate și sunt determinate cauzele apariției lor;
- b) sunt evaluate, determinate și întreprinse acțiunile necesare pentru a se asigura că neconformitățile nu reapar;
- c) sunt evaluate, determinate și întreprinse acțiunile necesare pentru a se asigura că sunt prevenite apariția potențialelor neconformități;
- d) se analizează eficacitatea acțiunilor întreprinse.

Inițierea de acțiuni corective/ preventive cuprinde ansamblul urmatoarelor activități:

- a) identificarea neconformităților sau posibilelor neconformități, semnalate asupra SMI sau asupra produselor/ serviciilor realizate;
- b) investigarea neconformităților/ posibilelor neconformități, analiza și determinarea cauzelor generatoare sau potențiale;
- c) stabilirea și documentarea acțiunilor corective/ preventive necesar de întreprins;
- d) corectarea neconformităților și înregistrarea rezultatelor acțiunilor întreprinse;
- e) analiza acțiunilor corective/ preventive implementate, pentru a asigura eficacitatea aplicării acestora.

Responsabilitățile pentru inițierea, implementarea și analiza eficacității acțiunilor corective și preventive sunt identificate în capitolul 5 al prezentei proceduri.

Persoanele responsabile pentru analiza cauzelor generatoare de neconformități trebuie să aibă acces la toate informațiile pertinente.

Acțiunile corective și preventive sunt documentate și se inițiază pe „Raport de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO”, formular cod F-050, numărul de ordine al acestuia fiind emis de către emitent după cum urmează:

- a) pentru rapoartele de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO emise în urma procesului de audit, codificarea va fi: 1-SMC (SMM, SSO) F01, primul grup de litere și cifre reprezentând numărul de ordine al raportului de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO, emis în urma auditului, iar al doilea grup reprezintă

- identificarea sistemului de management auditat, cât și al Planului de audit/Raportului de audit emis;
- b) pentru rapoartele de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO emise în urma neconformităților semnalate asupra produselor/ serviciilor executate, codificarea va fi: 1-CTC, primul grup de cifre reprezentând numărul de ordine al raportului de acțiuni privind calitatea emisă, iar al doilea grup de litere identifică inițiatorul documentului.

Analiza eficacității acțiunilor întreprinse este efectuată de către inițiatorul acțiunii prin una din următoarele metode:

- c) monitorizări și măsurători efectuate asupra produselor similare, ce urmează a fi executate (în cazul acțiunilor întreprinse pentru înlăturarea cauzelor/ posibilelor cauze generatoare de neconformitați ale produselor/ serviciilor executate);
- d) monitorizări asupra proceselor derulate în cadrul societății, cu ocazia efectuării auditurilor interne și/ sau în timpul efectuării inspecțiilor și controalelor, pe fluxul de execuție al produselor (în cazul acțiunilor întreprinse pentru înlăturarea cauzelor/ posibilelor cauze generatoare de neconformitați ale SMI).

Analiza eficacității acțiunilor corective întreprinse, este prezentată Șefului Departamentului Calitate și Mediu și Șefului Serviciului Intern de Prevenire și Protecție.

Eficacitatea acțiunilor întreprinse, prin grija Reprezentantului managementului de vârf, vor fi prezentate Comitetului Director Executiv, în cadrul Analizei de management, pentru a demonstra îmbunătățirile aduse SMI.

#### 1.6.1. Acțiuni corective

Neconformitațile majore, precum și cele cu caracter repetabil, semnalate asupra SMI, sunt analizate și documentate de către personalul Departamentului Calitate- Mediu și Serviciului Intern de Prevenire și Protecție, care propune și acțiunea corectivă ce trebuie întreprinsă pentru eliminarea cauzei generatoare.

Acțiunile corective privind SMI reprezintă rezultatul următoarelor acțiuni:

- audituri interne sau efectuate de client;
- inspecții efectuate pe fluxul de fabricație;
- audituri și inspecții efectuate de organisme de control sau de certificare;
- analiza efectuată de management.

Neconformitațile cu caracter repetabil semnalate asupra produselor executate de societate, sunt analizate de către Comisia de analiză a neconformitaților, în cadrul analizelor lunare sau ori de câte ori se consideră necesar, pentru determinarea cauzelor neconformitaților, iar acțiunile ce se impun pentru eliminarea acestora, sunt documentate de către personalul Serviciului CTC prin emiterea Rapoartelor de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO.

Totodată pentru neconformitațile care au un impact major asupra produselor, acțiunile corective necesare eliminării cauzelor, pot fi inițiate și documentate, prin emiterea Rapoartelor de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO, de către personalul Serviciului CTC, fără a fi analizate de către Comisia de analiza a neconformitaților, în cadrul analizelor lunare.

Acțiunile corective se emit de către inițiator pe formularul Raport de acțiuni privind calitatea/ mediu, pașii de completare fiind cei descriși.

Stadiul implementării acțiunilor corective este urmărit centralizat prin intermediul „Planului de acțiuni corective” – pentru acțiunile corective inițiate în urma auditurilor efectuate de client și/ sau organisme de certificare/ autorizare sau prin intermediul formularului „Evidență acțiuni corective/ preventive– Anul .....– cod F....– pentru acțiunile corective rezultate în urma auditurilor interne sau rezultate în urma neconformitaților produselor/ serviciilor executate.

Acțiunile corective inițiate sunt comunicate nivelurilor de conducere relevante, pentru urmărirea implementării acestora de către executantul acțiunii corective în limita de timp impusă.

### 1.6.2. Acțiuni preventive

Atunci când din experiența cumulată la realizarea unor proiecte, produse sau servicii similare, se întrevăd măsuri de îmbunătățire al acestora sau a procesului tehnologic de execuție al acestora, sau se întrevăd măsuri de îmbunătățire a SMI și se pot preveni cauzele generatoare de neconformități, Servicul Asigurarea Calității, Compartimentul Mediu, Serviciul Intern de Prevenire și Protecție, cât și conducătorul proiectului și/ sau al procesului respectiv poate iniția acțiuni preventive.

Totodată înaintea execuției unui produs test (de calificare) sau a unui produs ce nu a mai fost executat în cadrul societății, iar posibilele cauze generatoare pot fi determinate, coordonatorul execuției produsului respectiv, inițiază acțiuni preventive pentru a elimina cauzele neconformitățile potențiale.

Acțiuni preventive se pot iniția și în cazul în care, pentru prevenirea pierderilor, se prevăd măsuri de îmbunătățire a performanței proceselor organizației sau ale produselor și serviciilor realizate, în urma analizelor necesităților clienților, analize ale pieții, Analiza efectuată de management, analize ale proceselor tehnologice.

Acțiunile preventive se emit de către inițiator pe formularul Raport de acțiuni privind calitatea/ mediu/ SSO, pașii de completare fiind cei descriși.

Acțiunile preventive inițiate pot fi:

- e) instruirii (interne sau susținute de organizații abilitate) specifice scopului acțiunii;
- f) lectii învățăte din experiența acumulată la realizarea produselor și/ sau serviciilor similare;
- g) modificări de proiecte constructive sau tehnologii de lucru;
- h) modificarea procedurilor existente sau emiterea unor noi proceduri;
- i) intreprinderea de acțiuni pentru reducerea impactului asupra mediului/ SSO.

## 1.7. VALIDAREA PROCESELOR DE PRODUCȚIE ȘI DE FURNIZARE DE SERVICII

Procesele speciale sunt executate în condiții controlate, de către personal calificat, utilizând proceduri scrise, omologate și echipament omologat în conformitate cu standardele, codurile, specificațiile, criteriile și cerințele legale și contractuale [92],[93].

Validarea proceselor speciale este realizată de către entitățile implicate în derularea acestora, fiind stabilite:

- 1) Proceduri specifice de omologare a procesului respectiv, prin care sunt definite criteriile privind analiza și aprobarea acestora;
- 2) Echipamentul folosit, aprobarea și verificarea acestuia, precum și calificarea personalului executant;
- 3) Proceduri specifice de lucru și de control, prin care se descriu metodele de lucru și criteriile de acceptare;
- 4) Înregistrările ce se emit și responsabilitățile privind întocmirea, verificarea și aprobarea acestora;
- 5) Necesitatea de revalidare și metodologia aplicabilă.

## 1.8. MODELUL SMC BAZAT PE PROCES

Succesiunea și interacțiunea proceselor identificate în cadrul organizației este descrisă în figura de mai jos [92],[93].

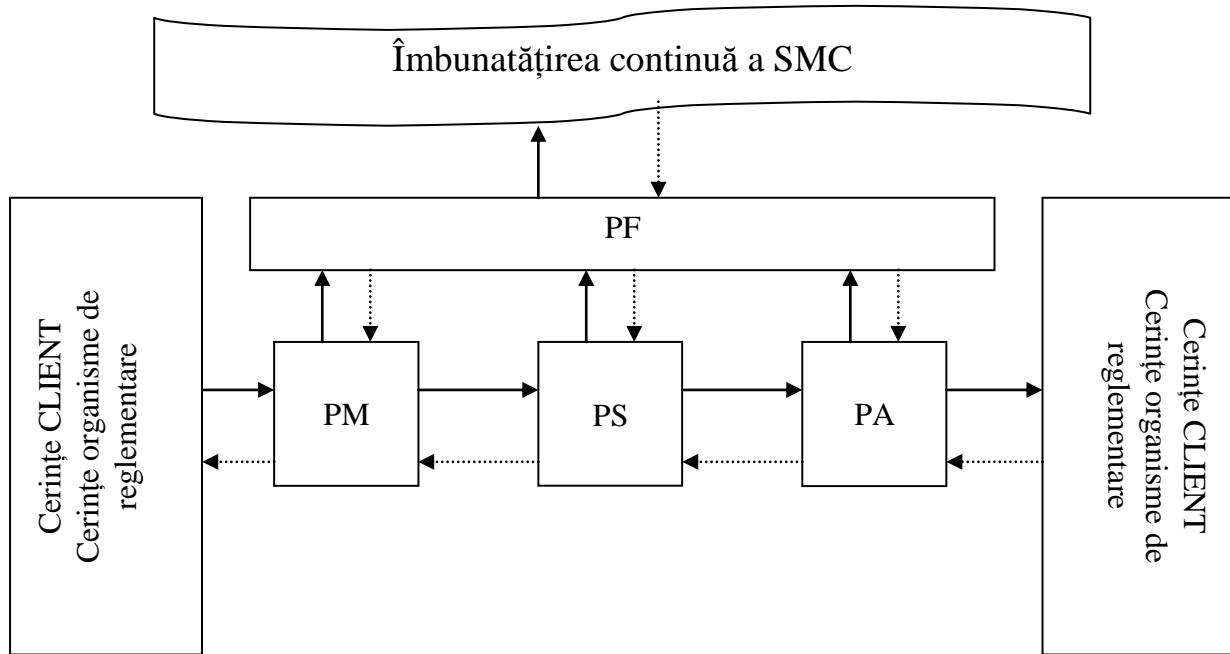


Fig.1.2. Interacțiunea proceselor din cadrul organizației

Tabelul 1.1. Legenda modelului SMC [9]

PM Procese de Management	PA Procese de Afaceri	PS Procese Suport	PF Procese de Feedback
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Controlul documentelor;</li> <li>- Controlul înregistrărilor;</li> <li>- Anagajamentul managementului;</li> <li>- Stabilirea politicii în domeniul calității;</li> <li>- Planificarea SMC;</li> <li>- Comunicarea internă;</li> <li>- Analiza efectuată de management;</li> <li>- Asigurarea resurSELOR;</li> <li>- Resurse umane.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Procese referitoare la relația cu clientul;</li> <li>- Proiectare și dezvoltare;</li> <li>- Aprovisionarea;</li> <li>- Producție și furnizare de servicii.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Infrastructura;</li> <li>- Mediul de lucru;</li> <li>- Planificarea realizării produsului;</li> <li>- Identificare și trasabilitate;</li> <li>- Proprietatea clientului;</li> <li>- Controlul dispozitivelor de masurare și monitorizare.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Măsurare, analiza și îmbunătățire;</li> <li>- Îmbunătățire continuă.</li> </ul>

Documentarea SMC include proceduri care descriu toate interacțiunile identificate în conformitate cu cerințele clientului și ale organismelor de reglementare.

Explicitarea elementelor SMC se face în procedurile SMC (PS), care constituie documente de referință pentru demonstrarea compatibilității SMC cu condițiile standardului adoptat, oferind instrumentele necesare măsurării gradului de implementare a SMC în organizație.

Amploarea procedurilor și nivelul de detaliere a acestora depinde de complexitatea procesului furnizat, de metodele utilizate, de calificările și instruirile necesare pentru personalul implicat în efectuarea activității procedurale.

Procedurile definesc scopul și obiectivele, domeniul de valabilitate, documentele de referință, responsabilitățile, descrierea procesului (cum, când, unde și de către cine este efectuată fiecare operație, ce materiale, echipamente și documente se folosesc și modul în care se monitorizează și controlează toate acestea), înregistrările de calitate emise, controlul modificărilor și difuzarea.

Structura documentelor SMC este prezentată în figura 1.3. de mai jos:

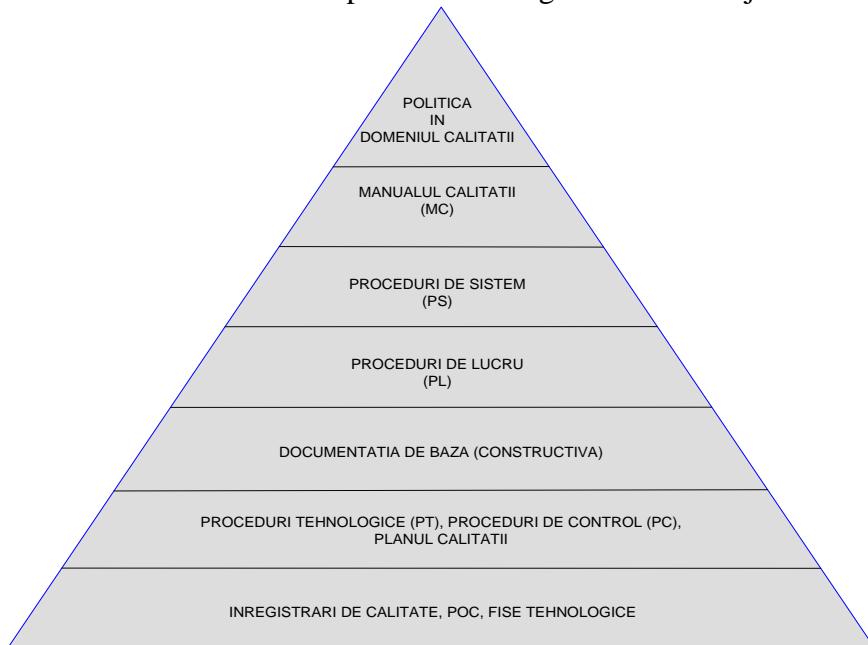


Fig.1.3. Structura documentelor SMC

Particularitățile implementării unui SMC, au la bază particularitățile sectorului energetic. Sectorul energetic are următoarele caracteristici:

- exploatează o infrastructură strategică în cadrul economiei naționale;
- susține dezvoltarea economiei naționale și depinde de evoluția populației;
- asigură necesarul de energie pentru acoperirea consumului, direct determinat de dezvoltarea economică și tehnologică, de eficiență pe întregul lanț energetic, de nivelul de trai și de cerințele de protecție a mediului;
- dezvoltarea sectorului este, de asemenea, condiționată de generarea capitalului în economie și de capacitatea de susținere a investițiilor;
- la nivel macroeconomic, consumul de energie se corelează direct cu Produsul Intern Brut și cu energointensivitatea, pe întregul ansamblu al economiei naționale.

Toate țările dezvoltate înregistrează în prezent creșteri ale consumului de energie primară cu ritmuri mai mici decât cele ale creșterii economice, ceea ce demonstrează o continuă reducere a intensității energetice. Prin reducerea consumurilor de energie se realizează creșterea eficienței economice, o mai bună protecție a mediului, reducerea consumului și importului de resurse energetice.

## CAPITOLUL 2:

# ANALIZA STADIULUI ACTUAL DE IDENTIFICARE PRIN METODE DE CONTROL NEDISTRUCTIV, A NECONFORMITĂȚILOR, APĂRUTE ÎN PROCESUL DE PRODUCȚIE AL ECHIPAMENTELOR ENERGETICE

### 2.1. ASPECTE GENERALE ÎN CONTROLUL NEDISTRUCTIV

#### 2.1.1. Introducere

Controlul nedestructiv presupune:

- analiza documentației aferente controlului nedestructiv: planul de inspecție- în concordanță cu planul calității, QP și cu documentația tehnologică, procedurile de lucru, standardele sau normele care precizează criteriile de acceptabilitate a discontinuităților, documentația impusă de client, privind nivelul de calitate al produsului examinat;

- alegerea metodei de examinare adecvate punerii în evidență a discontinuităților (neconformitățile sau imperfecțiunile) posibile: *cu lichide penetrante; cu particule magnetice, cu ultrasunete, cu radiații penetrante, de verificare a etanșeității etc.*

- stabilirea tehnicii optime și implicit a echipamentului necesar aplicării metodei de examinare nedestructivă [39],[40];

- stabilirea accesoriilor și consumabilelor: palpatoare, filme, cuplanți, lichide penetrante, particule magnetice etc.;

- etalonarea sistemului de examinare în raport cu produsul examinat și cu condițiile de examinare;

- stabilirea parametrilor de examinare specifici metodei;

- efectuarea examinării propriu-zise;

- interpretarea indicațiilor de discontinuitate și completarea raportului de examinare;

- înregistrarea rezultatelor.

Operatorii de control nedestructiv, examinează conform documentelor de referință, produse sau ansamblurile și iau decizia admis/ respins sau furnizează informațiile necesare luării deciziei privind calitatea acestora; în baza buletinelor emise de aceștia se întocmește documentația de constatare, respectiv rapoarte de neconformitate, după caz.

Pentru domeniul studiat, fabricarea componentelor din industria energetică: controlul nedestructiv implică activități de laborator sau teren, în cadrul cărora sunt utilizate proceduri, norme, standarde, desene tehnice, instrucțiuni și documente precum și aparate, accesori și consumabile specifice. Examinarea nedestructivă vizează adeseori produse sau materiale de mare importanță și/ sau pericolozitate: carcase, cazane sau conducte care funcționează sub presiune, utilizate în centrale electrice și/ sau nucleare, material rulant, piese pentru compresoare, ceea ce implică o mare

responsabilitate din partea operatorului control nedistructiv și temeinice cunoștințe teoretice și abilități practice necesare aplicării corecte a metodei de examinare, cu rezultate corespunzătoare.

### 2.1.2. Generalități

Obiecte de examinat pot fi: semifabricate (bare, țevi, profile, table); piese finite (turnate, forjate, sudate); structuri sudate.

Materialele se clasifică pornind de la unul dintre următoarele criterii: aspectul structurii, proprietățile și compozitia chimică, domeniile de interes. Extinderea domeniilor de utilizare și dezvoltarea tehnologică sunt două modalități prin care materialele se completează din punct de vedere tehnic, pentru atingerea performanțelor vizate [88],[90]. Astfel acestea se clasifică în [1]:

- oțeluri carbon și oțeluri aliate;
- oțeluri inoxidabile (feritice, martensitice, austenitice);
- fonte (cenușii, maleabile cu grafit nodular);
- aliaje neferoase: pe bază de Al, pe baza de Cu, alte aliaje;
- aliaje pe baza de Ni și Cr;
- materiale nemetalice: componete cu matrice polimerică, materiale plastice, materiale folosite în construcții.

În general, o piesă semifabricată poate fi obținută prin mai multe procedee tehnologice de transformare a materialului, printr-o succesiune logică și treptată de operații, într-un produs finit [1],[123].

Tehnologia prin care este realizat semifabricatul, poate fi:

- turnare, vezi figura 2.1.;



Figura 2.1. Semifabricat turnat- carcăsă turbină cu abur IP

- forjare liberă sau în matriță, vezi figura 2.2.;

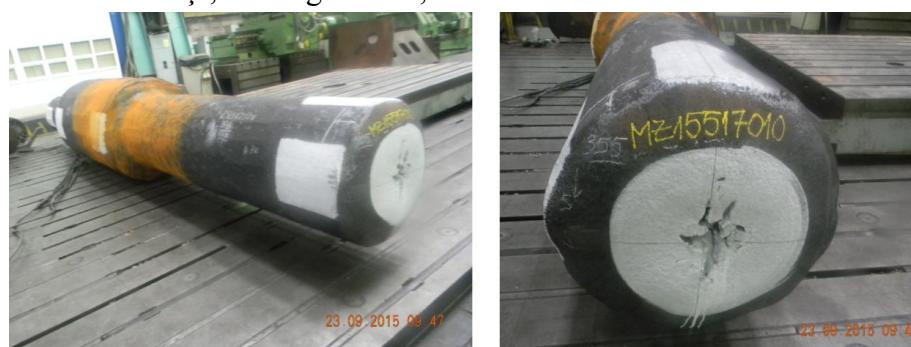


Figura 2.2. Semifabricat forjat- arbore rotor generator

- laminare, extrudare sau tragere, vezi figura 2.3.;



Figura 2.3. Semifabricat laminat- palete trepte 1, 2, pentru rotor turbină JP

- sudare, vezi figura 2.4.



Figura 2.4. Ansamblu sudat- Spider

Neconformități sau defecte posibile [113]:

- discontinuități de material: interioare sau exterioare;
- abateri dimensionale, discontinuități, abateri de la caracteristicile mecanice, fizice, chimice, metalografice, magnetice, electrice.

Documentația tehnică, [4]:

- desene tehnice sau schițe din planul de examinare;
- proceduri diferențiate după produsele examineate;
- standarde cu criterii de acceptabilitate.
- proceduri și instrucțiuni de lucru;
- planuri de inspecție;
- planuri de examinări nedistructive;
- rapoarte de examinare;
- rapoarte pentru produse neconforme;
- fișe de neconformitate;
- fișe de trasabilitate, în măsura în care semifabricatul urmează a fi controlat în fabrică.

Metode de examinare nedistructivă (uzuale) [113]:

- optico-vizual (VT);
- cu lichide penetrante (PT);
- cu particule magnetice (MT);
- cu ultrasunete (UT);
- metode combinate.

## 2.2. EXAMINAREA OPTICO-VIZUALĂ

### 2.2.1. Noțiuni generale

Examinarea optico-vizuală este cea mai simplă modalitatea de examinare nedistructivă. Acest tip de examinare se poate realiza și cu ochiul liber și se numește control vizual sau cu ajutorul unor aparate optice, în acest caz numindu-se examinare optică [113],[46].

### 2.2.2. Modalități de examinare vizuală:

#### 2.2.2.1. Cu ochiul liber, examinarea directă:

- ochiul este mai sensibil la lumina galben-verde, acesta poate distinge defecte de tip fisuri, cu deschideri de 0,07...0,15 mm, de la o distanță de 250 mm, în condițiile unei iluminări corespunzătoare [113],[95];

- intensitate luminoasă adecvata: 800-1000 lux;

- tehnicienul poate lucra maxim 2 ore;

- se pot detecta: coroziuni, fisuri, crateri, incluziuni de suprafață, surgeri sau împroșcări de metal, deteriorări accidentale, urme ale sculelor, defecte în cordoane de sudură;

- rezultatele pot fi de real ajutor pentru alte controale de tip NDT (*non-destructive testings*)[38];

- pentru facilitarea acestui tip de control se pot utiliza: oglinzi, lufe, vezi figura 2.5.

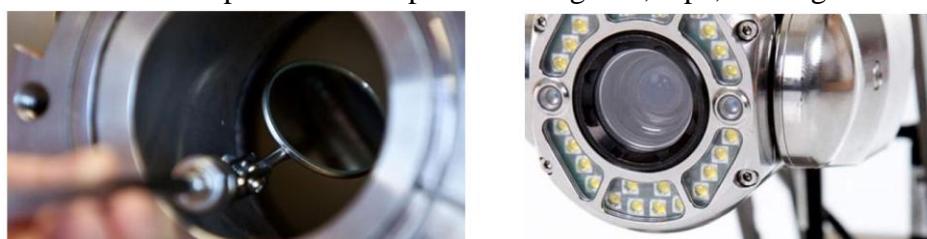


Fig.2.5. Lufe control vizual

#### 2.2.2.2. Cu instrumente optice, examinarea indirectă [113]:

- instrumentele optice permit mărirea imaginii defectului și inspectarea unor zone mai puțin accesibile;

- este necesara cunoașterea tipurilor de defecte ce pot să apară și zonele în care ar putea fi întâlnite;

- suprafețele de inspectat trebuie să fie curățate;

- se pot folosi urmatoarele aparate de control [95],[48]:

- *microscop*;

- *boroscop*: pentru inspecția cilindrilor de diametre mici, a incintelor din structuri complexe; aria examinată este de aproximativ 25 mm în diametru și se află la o distanță de 25 mm de sursa de lumină; există diverse modele de aparate, a căror camera video are diametrul de 2,5÷19 mm și un cablu optic cu lungimea de câțiva metri.

- *endoscop*: sistem optic superior boroscopului, sursa de lumina de intensitate mai mare; suprafața de examinat poate fi la distanță de 4 mm sau mai mult; lungimea de 100÷1500 mm și diametrul începând de la 1,7 mm.

- *flexiscop*: boroscop din fibra optică flexibilă; permite examinarea zonelor de colț sau a structurilor cu schimbări de direcție; lungimi de lucru cuprinse între 600 mm și 3650 mm, iar diametrele de la 3 mm până la 12,5 mm.

- *telescop*: permite mărirea imaginii obiectelor aflate la distanțe mari de ochi.

- *holografia*: permite obținerea unei imagini 3D a obiectului examinat, cu ajutorul laserelor. În urma acestui control se obține o hologramă prin care de redă imaginea întregii suprafețe care se compară apoi cu o suprafață etalon (fără defecte).

Spre exemplu, pentru examinarea găurii longitudinale, a rotorilor de generator, se folosește endoscopul. Dată fiind lungimea acestor găuri de până la 15 m și diametrul de  $\varnothing 80 \div \varnothing 220$  mm, un control vizual ar fi imposibil. În figura 2.6. este redat un endoscop, cu camera de 10 mm.



Figura 2.6. Endoscop

#### 2.2.3. Parametrii regimului de examinare optico-vizuală [113]:

- tipul și intensitatea luminii de examinare;
- puterea de mărire a sistemelor de vizualizare (lupe, microscope, endoscoape etc);
- geometria examinării.

#### 2.2.4. Studiu de caz

Din punct de vedere procedural, examinarea optico-vizuală are loc odată cu recepția produselor, în cadrul unei organizații. Atât produsele/ semifabricatele aprovizionate, cât și cele proprietatea clientului sunt verificate la sosire, împreună cu documentele însoțitoare. În urma acestui control, sunt etichetate și înaintate pe fluxul de fabricație.

În figura 2.7. este redată examinarea și defectele identificate în urma controlului, găurii longitudinale de  $\varnothing 90 \times 2000$  mm, pentru un rotor de generator.



Figura 2.7. Examinarea endoscopică rotor generator

Avantajele metodei:

- este cea mai simplă și mai ieftină metodă de control nedistructiv;
- prin această metodă sunt identificate peste 90% dintre defectele apărute în cadrul proceselor tehnologice de prelucrare: prin aschiere, sudare [5],[99];
- permite depistarea defectelor de suprafață;
- nu necesită o pregătire prealabilă a suprafeței înainte de examinare, ci doar o simplă curățare a acestea.

Dezavantajele metodei:

- calitatea rezultatelor obținute depinde în mod direct de operator;
- necesită o acuitate vizuală foarte bună a operatorului;
- nu se pot identifica decât defecte vizibile, doar de suprafață.

### **2.3. EXAMINAREA DIMENSIONALĂ**

#### *2.3.1. Abateri dimensionale, de formă și de poziție*

Calitatea procesului tehnologic de fabricație a echipamentelor energetice este direct legată de calitatea executării tuturor pieselor componente. Lipsa de precizie dimensională a produselor fabricate este cauzată de următorii factori: precizia MU, calitatea SDV-urilor folosite, gradul de calificare al operatorilor, acuratețea documentației de proiectare tehnologice, mediul ambiant în care se desfășoară procesele.

Calitatea pieselor și a produselor finite este determinată de valorile reale ale parametrilor chimici, fizici, mecanici sau geometrici, redați în cadrul documentației de proiectare tehnologice [23].

Pieselete componente ale mașinilor energetice sunt corpuri geometrice care au forme variate și sunt clasificate după:

- tipul suprafețelor care le compun;
- dimensiuni;
- poziția reciprocă a suprafețelor;
- distanțele dintre suprafețe;
- gradul de netezime al suprafețelor (rugozitatea acestora).

Datorită faptului că în timpul obținerii unui produs finit intervin un număr mare de factori obiectivi și subiectivi (de exemplu, imperfecțiunile mijloacelor de lucru sau de control), pielele și produsele finite identice se deosebesc unele de altele, dar și de piesa sau de produsul teoretic [31].

*Precizia prelucrării* reprezintă gradul de asemănare a piesei sau a produsului realizat față de piesa sau produsul proiectat (produsul teoretic) [37].

Din punct de vedere geometric, precizia prelucrării pieselor și precizia asamblării iau în considerare următoarele aspecte:

- precizia dimensiunilor (liniare și unghiulare);
- precizia formei geometrice a suprafețelor;
- rugozitatea suprafețelor (libere sau în contact)[71].

### 2.3.2. Precizia dimensională

*Dimensiunea* este mărimea care exprimă valoarea numerică a unei lungimi sau a unui unghi, în unitatea de măsură prestabilită [24].

*Cota* este dimensiunea înscrișă pe desenul de execuție[25].

*Arbore* - denumire convențională a oricărei suprafete exterioare, chiar dacă nu este cilindrică (la montaj, piesa cuprinsă)[64].

*Alezaj* - denumire convențională a oricărei suprafete interioare a unei piese, chiar dacă nu este cilindrică (la montaj, piesa cuprinzătoare)[64].

Fiecarei piese îi sunt proprii anumite suprafete care urmează să ajungă în contact prin asamblare. Aceste piese sunt caracterizate de o anumită rugozitate[75].

Pentru controlul dimensional al unei piese, trebuie să avute în vedere urmatorii termeni[52]:

- *dimensiune efectivă*,  $D_e$  – este dimensiunea unui element sau a unei piese obținută prin măsurare cu un mijloc de măsurare care are precizia corespunzătoare;

- *dimensiune limită*– sunt acele dimensiuni extreme admise pentru care dimensiunea efectivă trebuie să se încadreze între dimensiunile limită suprafetei (max.) și dimensiunii limită inferioară (min.);

- *dimensiune maximă*,  $D_M$  – este cea mai mare dimensiune limită;

- *dimensiune minimă*,  $D_m$  – este cea mai mică dimensiune limită;

- *dimensiune nominală*,  $N$  – este dimensiunea față de care se definesc dimensiunile limită, vezi Fig.2.8.[31],[64],[98]:

Unde:  $A_e$ = abatere efectivă;

$A_s$ = abatere superioară;

$A_i$ = abatere inferioară;

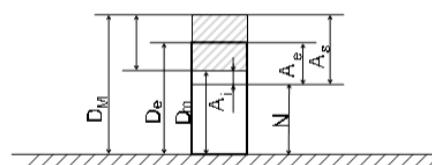


Fig.2.8. Dimensiune nominală

Legăturile dintre dimensiunile și abaterile menționate mai sus, sunt date în ecuațiile 2.1., 2.2.,

$$2.3. \quad D_M = N + A_s \quad (2.1.)$$

$$D_m = N + A_i \quad (2.2.)$$

$$D_e = N + A_e \quad (2.3.)$$

În cadrul preciziei dimensionale vom clasifica piesele astfel:

a. *piese de tip alezaj* - sunt acele piese caracteristice prin dimensiunile sale interne, sunt întotdeauna piese cuprinzătoare [31],[98]. Alezajele se simbolizează întotdeauna cu litere mari, vezi Fig.2.8;

b. *piese de tip arbore* - prin arbore se înțelege o piesă caracteristică prin dimensiunile sale exterioare și care este întotdeauna piesa cuprinsă [31],[98]. Arborii se simbolizează întotdeauna cu litere mici, vezi Fig.2.9.:

Legăturile dintre dimensiunile și abaterile posibile în aceste situații, sunt date în ecuațiile 2.4., 2.5.,

$$2.6. , 2.7.$$

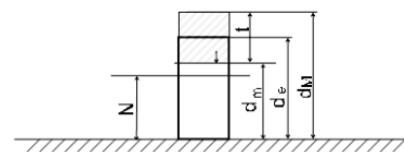


Fig.2.9. Simbolizare piese de tip arbore și alezaj

$$D_M = N + a_s \quad (2.4.)$$

$$D_m = N + a_i \quad (2.5.)$$

$$d_e = N + a_e \quad (2.6.)$$

$$t = d_M - d_m = a_s - a_i > 0 \quad (2.7.)$$

Unde:  $a_s$ - abaterea superioară pentru piese de tip alezaj;

$a_i$ - abaterea inferioară pentru piese de tip alezaj;

$a_e$ - abaterea efectivă pentru piese de tip alezaj;

$d_m$ - dimensiunea minimă pentru piese de tip alezaj;

$d_M$ - dimensiunea maximă pentru piese de tip alezaj;

$d_e$ - dimensiunea efectivă pentru piese de tip alezaj;

$t$ - toleranța.

Pentru reprezentarea din figura 2.8., piesele sunt considerate bune, dacă dimensiunile lor respectă relațiile 2.8, 2.9.:

$$d_m < d_e < d_M \quad (2.8)$$

$$D_m < D_{ef} < D_M \quad (2.9)$$

În situația în care:

a)  $d_e < d_m$  sau  $D_e > D_M$ , piesa este rebut irecuperabil;

b)  $d_e > d_m$  sau  $D_e < D_m$ , piesa este rebut recuperabil;

c)  $d_e = d_m$  sau  $D_e = D_M$  atunci precizia este optimă.

Abaterea reprezintă diferența algebrică dintre dimensiunea considerată ( $d_e$ ,  $d_m$ ,  $d_M$ ) și dimensiunea nominală corespunzătoare și se notează cu „a” (la arbori) și „A” (la alezaje) [31].

Deosebim:

- abaterea limită ( $a_s$  - abaterea superioară,  $a_i$  - abaterea inferioară) = diferența dintre dimensiunile limită și dimensiunea efectivă.

Urmărind figura 2.8. avem relațiile 2.10., 2.11., 2.12., 2.13.:

1) Pentru alezaje:

$$A_s = D_M - N \quad (2.10.)$$

$$A_i = D_m - N \quad (2.11.)$$

2) Pentru arbori:

$$a_s = d_{max} - N \quad (2.12.)$$

$$a_i = d_{min} - N \quad (2.13.)$$

- abaterea efectivă - diferența dintre dimensiunea efectivă și dimensiunea nominală, relațiile 2.14., 2.15.:

$$A_e = D_e - N \quad (2.14.)$$

$$a_e = d_e - N \quad (2.15.)$$

După măsurare, putem avea următoarele situații:

- când  $a_e > a_s$  și  $A_e < A_i$ , piesa este rebut recuperabil;

- când  $a_e > a_s$  și  $A_e > A_i$ , piesa este rebut irecuperabil.

Abaterile se reprezintă în raport cu linia zero (linie de referință, care reprezintă dimensiunea nominală, N) [31].

Abaterile pot avea valori pozitive, negative sau zero [37].

Toleranța este diferența dintre dimensiunea maximă și dimensiunea minimă (diferența dintre abaterea superioară și abaterea inferioară). Toleranța are totdeauna valori pozitive [31],[34].

Aplicând relațiile de calcul pentru toleranțe, se obțin următoarele relațiile 2.16., 2.17.:

1) pentru alezaje:

$$T = D_{\max} - D_{\min} = (N + A_s) - (N + A_i) = A_s - A_i \quad (2.16.)$$

2) pentru arbori:

$$t = d_{\max} - d_{\min} = a_s - a_i \quad (2.17.)$$

*Câmpul de toleranță* este zona cuprinsă între cele două dimensiuni limită [31].

### 2.3.3. Precizia de prelucrare. Abateri specifice

Pentru stabilirea preciziei de prelucrare, se iau în considerare:

- nivelul tehnic care se cere mașinii;
- condițiile în care se construiește;
- asigurarea funcționării pe o anumită durată de timp.

Dacă vom considera o îmbinare prin ajustaj, pentru a fi siguri de caracterul ajustajului, trebuie să se indice gradul de precizie pentru prelucrare, încă din faza de proiectare [31].

#### 2.3.3.1. Abateri de prelucrare

Precizia elementelor geometrice este determinată de precizia de prelucrare a piesei, prin aceasta înțelegându-se gradul de corespondență a parametrilor geometrici ai piesei finite, în raport cu parametrii fixați constructiv, care sunt indicați în documentația de proiectare tehnologică [46].

Diferențele dintre acești parametri sunt abaterile de prelucrare.

Abaterile se pot referi la:

- dimensiuni;
- forma geometrică (macrogeometria);
- poziția reciprocă a suprafețelor;
- calitatea suprafeței (microgeometria).

#### 2.3.3.2 Abateri dimensionale

Dintre dimensiunile caracteristice unei piese, cea mai mare importanță o au cele care determină poziția și funcțunea piesei în cadrul mașinii termice [31].

În aceasta categorie, se încadrează următoarele [46]:

- dimensiunile elementelor lanțului cinematic al unei mașini termice;
- dimensiunile suprafețelor principale și auxiliare;
- dimensiunile determinate de sarcinile statice și dinamice (diametru, grosime etc.).

O altă categorie este formată din dimensiunile auxiliare, folosite pentru poziționarea piesei pentru prelucrare și dimensiunile libere [1], [34].

Din punct de vedere constructiv, prezintă importanță abaterile ce pot apărea la dimensiunile care determină poziția și funcțunea piesei în cadrul ansamblului [2].

Din punct de vedere tehnologic, au importanță erorile la dimensiunile auxiliare, deoarece prin ele se pot influența abaterile dimensiunilor de la poziția și funcțunea piesei în cadrul ansamblului. Dimensiunile libere nu au niciun fel de importanță din punct de vedere tehnologic sau din punct de vedere constructiv [2].

Prin standardele SR EN 22768-1:1995; SR EN 22768-2:1995, sunt stabilite valorile abaterilor dimensionale admisibile, pentru cotele libere [96],[97].

#### 2.3.3.3. Abateri de la forma geometrică

Abaterile de la forma geometrică pot fi [31]:

- abateri referitoare la forma cilindrică a piesei;

- abateri care provin din diferența dintre razele de curbură din același plan.

Aceste diferențe generează o formă ovală sau poligonală, în locul unei suprafete cilindrice.

De remarcat este faptul că aceste abateri nu sunt sesizate de multe ori la măsurători, din cauza simetriei lor. Dacă se folosesc aparate cu două puncte de contact (un şubler), măsurarea se face numai după un diametru, dar aceste abateri nu pot fi detectate [27]. Astfel:

- *ovalitatea* poate fi identificată cu micrometrul;
- *forma poligonală* se poate verifica cu un ceas comparator.

*Erorile privind rectilinitatea generatoarei cilindrului* fac ca piesa să apară sub forma [27],[31]:

- convexă (butoi);
- concavă (mosor);
- cu axa curbă;
- cu forma conică.

Pentru piesele cu suprafete de asamblare plane, apar abateri în ceea ce privește rectilinitatea și planitatea, unde aceasta se referă la rectilinitatea profilului suprafetei [27].

Profilul suprafetei rezultă din intersecția suprafetei prelucrate cu un plan ideal, perpendicular pe ea [31].

Eroarea de rectilinitate se referă la toată lungimea liniei de intersecție sau pe o anumită lungime a ei [26].

Abaterea de la planitate se definește ca o abatere de la rectilinitate, în toate direcțiile suprafetei prelucrate [31].

#### 2.3.3.4. Abateri de la poziția reciprocă a suprafetelor

Precizia poziției reciproce a suprafetelor ce limitează o piesă este determinată de mărimea abaterilor ce apar [25].

Abaterile de la poziția reciprocă a suprafetelor se referă la [31]:

- coaxialitate;
- bătaie radiată;
- bătaie frontală;
- neparalelism;
- abatere de la poziția axelor;
- perpendicularitate.

*Abaterile privind paralelismul* sunt caracterizate prin diferența dintre dimensiunile distanțelor de la o axă la alta, de la o axă la o suprafață sau distanță dintre două suprafete [32].

*Abaterile de perpendicularitate* se referă la abaterile de la unghiul drept, format de două suprafete plane sau de două axe [4].

*Abaterea de la coaxialitate* se referă la abaterea care există între axele a două găuri sau a două suprafete cilindrice [32].

Spre exemplu, în cazul pieselor: ventil de închidere rapidă, disc electropompă, din figura 2.10, abaterea de la coaxialitate poate apărea în mai multe faze ale prelucrării.



a. Ventil de închidere rapidă

b. disc electropompă

Fig.2.10. Exemplu de piese

*Bătaia radială* se referă la diferențele dintre distanțele de la suprafața prelucrată a piesei, la axă. Se consideră de același fel și coaxialitatea abaterilor de formă [3].

*Bătaia frontală* se referă la diferențele dintre distanțele suprafeței frontale a piesei până la un plan perpendicular pe axă, măsurate paralel cu axa [3].

#### 2.3.4. Control dimensional folosind mașinile de măsurat în coordonate

Pentru controlul dimensional, se utilizează cu mare succes, mașinile de măsurat în coordinate.

O instalație de măsurare în coordinate, vezi figura 2.11., îndeplinește următoarele funcții:

- preluarea mărimii de măsurat;
- transmiterea și adaptarea semnalului de măsură;
- prelucrarea semnalului de măsură; compararea cu unitatea de măsură;
- indicarea valorii măsurate [D6].



Fig.2.11. TIGO SF - Mașină de măsurat în coordonate pentru atelier

### 2.3.5. Studiu de caz

In figura 2.12. este redat un pașaport de bătai radiale și frontale pentru un ansamblu rotor JP. Aceste măsurători se fac după montarea paletelor și a celorlalte piese auxiliare, pe rotor, înainte de operația de echilibrare dinamică.

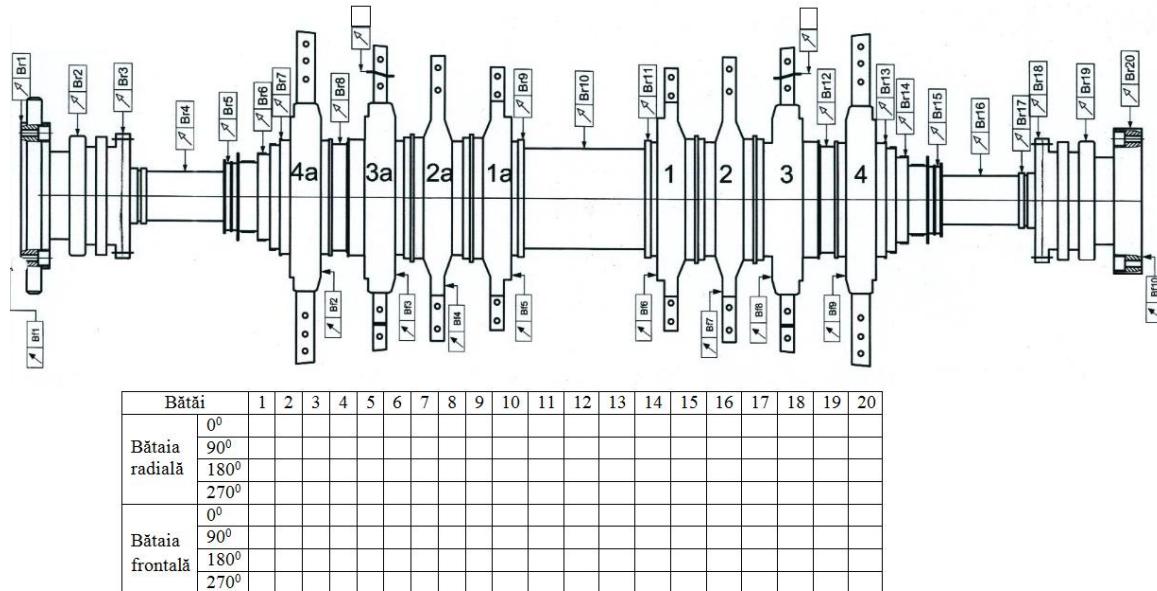


Fig.2.12. Pașaport bătai- radiale și frontale pentru ansamblu rotor JP

Acese bătai radiale și frontale, pot fi diminuate, uneori chiar eliminate, prin echilibrare.

În Romania există în acest moment al trei-lea stand de echilibrare, ca și mărime, din Europa, dar și alte standuri de dimensiuni mai mici. Acestea sunt folosite pentru echilibrarea și supraturarea rotoarelor de turbină și de generatori tip SCHENCK - DH 30, DH 50, DH 70, DH 12-13, DJ 90 - capabile să echilibreze rotoare având o lungime maximă de 21.700 mm și un diametru maxim de 6.500 mm, cu o greutate de la 30 kg până la 220 t. Ele se pot folosi și pentru turații joase până la 2.000 rpm pentru rotoare până la 750 Kg, dar și pentru supraturare discuri rotorice BJ 40 P tip SCHENCK având turația maximă de 100.000 rpm.

În cadrul unei secți de echilibrări și supraturări se desfăsoară următoarele activități :

- echilibrare și supraturare rotoare turbine cu abur, gaz și hidro;
- echilibrare și supraturare rotoare de turbine industriale;
- echilibrare și supraturare rotoare de turbocompresoare;
- echilibrare și supraturare rotoare de pompe;
- echilibrare, supraturare, probe electrice rotoare generatoare;
- masuratori de vibrații palete individual;
- masuratori de vibrații palete montate pe ansamblu rotor;
- masuratori de vibrații palete montate pe disc;
- masuratori de vibratii la beneficiary;
- echilibrare dinamică a rotoarelor de mașini rotative la beneficiar cu stațiile mobile Bently Nevada și Schenk Smart balancing.

## 2.4. EXAMINAREA CU LICHIDE PENETRANTE

### 2.4.1. Terminologie și noțiuni generale

Primele încercări nedistructive au fost aplicate pentru detectarea fisurilor șinelor de cale ferată. Părțile suspecte erau unse sau introduse în ulei, după care se curățau și se acopereau cu o pudră. În locurile în care existau fisuri, pudra absorbea uleiul ramas în acestea și pe suprafața examinată, se întindea o pată de ulei. Această metodă a stat la baza dezvoltării metodei, cunoscută astăzi, sub denumirea de “examinare cu lichide penetrante”.

Verificarea cu lichide penetrante este o metodă de inspecție larg aplicată și cu costuri reduse, utilizată pentru localizarea defectelor de rupere a suprafețelor, în toate materialele neporoase (metale, materiale plastice sau ceramice)[63],[70]. Penetrantul poate fi aplicat pe orice material: feros dar și neferos. Această examinare este utilizată pentru a detecta defectele de turnare, forjare și sudură, cum ar fi fisuri, pori, în produse noi și fisurile la oboseală ale componentelor puse în funcțiune[63].

Acestă metodă poate fi aplicată pentru inspecția materialelor brute, semifinite și finite, a pieselor aflate în exploatare și a pieselor sudate, indiferent de tratamentul termic sau lipsa acestuia [62], [94].

*Examinare cu lichide penetrante (LP)* - succesiune de operații în care se folosește un set de lichide penetrante, în vederea detectării discontinuităților superficiale deschise [101].

*Penetrant* - lichid având proprietatea de a cărunde în cavitățile, fisurile etc., de pe suprafața unui material și de a rămâne în ele în timpul îndepărțării excesului de penetrant. Penetranții pot fi: colorați, fluorescenti și mișcători (colorați + fluorescenti).

*Developant* - material absorbant, aplicat pe suprafața examinată, după îndepărțarea excesului de penetrant, în scopul extragerii penetrantului din discontinuități și a formării unui fond contrastant cu penetrantul. Principalele substanțe folosite ca developanți: caolinul, talcul, zeolitul, oxidul de magneziu, creta (toate au culoarea albă).

*Capilaritate* - capacitatea unor lichide de a cărunde în cavități mici. Prin cavitate mică se înțelege acea cavitate a cărei dimensiune minimă la suprafața piesei examineate este o dimensiune capilară.

*Set de produse pentru examinarea LP*: familie de produse – totalitatea substanțelor care permit efectuarea unei examinări cu lichide penetrante, livrate unitar de către producător. El se compune din: penetrant și developant, cărora, de obicei, li se adaugă un degresant.

### 2.4.2. Materiale utilizate la examinarea cu lichide penetrante

Un set de lichide penetrante se compune din: degresant, penetrant, developant un produs pentru îndepărțarea excesului de penetrant.

*Solventul* reprezintă substanță chimică (lichidă) care are proprietatea de a dizolva în masa ei alte substanțe; dizolvant.

*Emulgatorul* reprezintă substanță chimică folosită la obținerea emulsiilor; emulsiv.

*Emulsiile* sunt sisteme lichide multifazice constituite din apă, ulei și surfactanți, constituind lichide unice, relativ optic isotropice și stabile termodinamic.

*Surfactanții sau agenții activi de suprafață sunt substanțe chimice care se concentrează în soluții la suprafață și solubilizează materialele care au afinitate mică unele față de altele.*

Materiale folosite la examinarea cu lichide penetrante:

Penetranți:

- penetranti fluorescenti;
- penetrant cu contrast de culoare;
- penetrant mixt (fluorescent și cu contrast de culoare).

Produse pentru îndepartarea excesului de penetrant:

- apă;
- emulgator lipofil: 1 – pe baza de ulei; 2 – clătire cu apă;
- solvent lichid;
- emulgator hidrofil: 1 – optional preclătire (apa); 2 – emulgator (diluat în apă); 3 – clătire finală (apa);
- apă și solvent.

Developanți:

- uscat;
- solubil în apă;
- suspensie în apă;
- pe bază de solvent (umed neapos);
- pe bază de apă sau solvent pentru aplicații speciale.

La interfața lichid – solid se iau în considerare interacțiunile:

- lichid – lichid, caracterizate prin forțe de coeziune  $F_c$ ;
- lichid – solid, caracterizate prin forțe de adeziune  $F_a$ .

Dacă:

- $F_a > F_c$  lichidul udă vasul (solidul);
- $F_a < F_c$  lichidul nu udă vasul.

Tensiunea superficială este proprietatea generală a lichidelor de a lua o formă geometrică de arie minimă în lipsa forțelor externe, datorată acțiunii forțelor de coeziune dintre moleculele lichidului. Datorită interacțiunii dintre moleculele stratului superficial cu moleculele lichidului și cu moleculele mediului extern, stratul superficial va avea o energie potențială proporțională cu suprafața liberă a lichidului. La echilibru, această energie trebuie să fie minimă, deci și suprafața liberă trebuie să fie minimă. Astfel, suprafața de separație lichid mediu extern se curbează, tinzând să devină sferică, la echilibru [101]. Dar o suprafață se menține curbă, dacă asupra ei acționează, în fiecare punct, forțe tangente la ea și perpendiculare pe conturul său. Acestea se numesc forțe de tensiune superficială, care sunt:

- tangente la suprafața liberă a lichidului;
- uniform distribuite pe lungimea conturului;
- perpendiculare pe contur.

Moleculele aflate la interfața lichid – solid (LS), respectiv la interfața lichid – gaz (LG) sunt supuse unui câmp de atracție asimetric, care tinde să micșoreze suprafața limită de separație.

Suprafața unui lichid în vecinătatea unui perete solid:

- lichidul udă peretele;
- lichidul nu udă peretele;
- lichidul este indiferent.

Coeficientul de tensiune superficială,  $\sigma$ , prin definiție, este forța de tensiune periferică exercitată pe unitatea de lungime a conturului suprafetei, conform ecuației 2.18.:

$$\sigma = F / l \text{ [N/m]} \quad (2.18.)$$

unde:

- $F$  – este forța care se exercită pe lungimea unui contur;
- $l$  – este conturul din stratul superficial.

Unghi de contact,  $\theta$ , (unghi de udare, unghi de racordare) – unghiul format între suprafața solidului și tangenta la suprafața lichidului, într-un punct situat pe linia de contact. Acest unghi poate fi influențat de: impurități, agenți de umectare sau detergenți.

Discontinuități de suprafață detectabile cu lichide penetrante în aproape orice material (cu excepția celor poroase sau fibroase).

Examinarea cu lichide penetrante poate fi aplicată suprafetelor pieselor și semifabricatelor, indiferent de poziția lor în spațiu. Se va prefera poziția orizontală, cu acces de sus în jos, și, din motive tehnologice, ușor inclinate, ca să permită scurgerea lichidului pe suprafață, vezi figura 2.13.

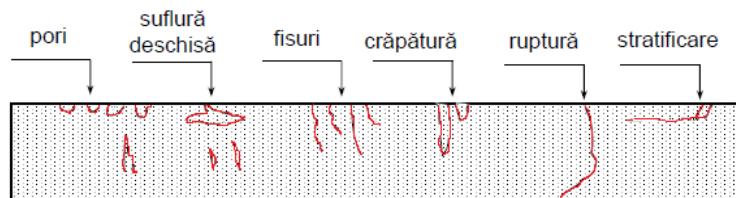


Fig.2.13. Sensibilitatea absolută a metodei de examinare cu lichide penetrante

La determinarea discontinuității minime detectabile, în literatura de specialitate este oferită o relație de forma ecuației 2.19.:

$$a = k \sigma \cos\theta / pc \quad (2.19.)$$

stabilită pe baza legii lui Jurin, în care:

- $a$  – dimensiunea celei mai mici discontinuități detectabile,  $pc$  – este presiunea capilară,
- $k$  – un factor de formă al discontinuității, exprimat prin raportul lungime/deschidere ( $l/b$ ).

Pentru a obține o sensibilitate mare ar trebui să se utilizeze: penetranți cu tensiune superficială cât mai mică; penetranți cu capacitate mare de umectare.

În condițiile cele mai favorabile, discontinuitatea minim detectabilă are deschiderea de aproximativ:  $1\dots3 \mu\text{m}$ .

Examinarea cu lichid penetrante poate fi aplicată suprafeteelor pieselor și semifabricatelor, indiferent de poziția lor în spațiu. Se va prefera poziția orizontală, cu acces de sus în jos și din motive tehnologice, ușor inclinate, ca să permită scurgerea lichidului pe suprafață.

Pătrunderea lichidului penetrant în discontinuitățile fine depinde de:

- tensiunea superficială a lichidului penetrant;

- forma discontinuităților;
- temperatura suprafeței și a lichidului penetrant, care influențează viscozitatea și tensiunea superficială;
- presiunea atmosferică;
- factorii mecanici: rugozitatea suprafeței interioare a discontinuității și obturarea mecanică a secțiunii capilare, ceea ce provoacă mărirea unghiului de contact  $\theta$ ;
- factorii chimici: straturile de oxizi care au energie superficială mai mare decât metalul și micșorează unghiul de contact, favorizând deci pătrunderea lichidului;
- pătrunderea altor lichide în discontinuități, ceea ce produce mărirea unghiului  $\theta$ , a tensiunii superficiale specifice amestecului penetrant – lichid parazit, micșorând capilaritatea;
- praful și particulele coloidale care măresc unghiul  $\theta$  și scad capilaritatea;
- substanțele organice (uleiuri, unsori, vopsele) obturează discontinuitățile, modifică negativ tensiunea superficială, măresc viscozitatea penetrantului, reduc contrastul și afectează negativ procesul de emulsionare, în cazul folosirii penetranților cu postemulsionare.

#### *2.4.3. Etapele controlului cu lichide penetrante sunt redate în figura 2.14.*

##### **2.4.3.1. Curățirea suprafețelor controlate**

Operații esențiale pentru reușita examinării: îndepărarea murdăriei, oxizilor și, în special, a substanțelor grase de pe suprafață, astfel încât să se asigure pătrunderea penetrantului în cavitatele discontinuităților. Metode de curățire:

- curățirea mecanică cu peri de sărmă moale;
- spălarea cu apă, preferabil caldă;
- spălarea cu solvenți organici (benzen, acetonă, benzină ușoară, white-spirit, tetrachlorură de carbon, tricloretilenă etc.);
- spălarea cu soluții de detergenți;
- decaparea chimică;
- curățirea cu ultrasunete;
- curățirea cu vaporii de solvenți etc.

##### **2.4.3.2. Penetrarea**

Stratul de penetrant va fi depus uniform într-un strat subțire și va fi menținut un timp, astfel încât lichidul să poată pătrunde cât mai adânc în cavitatea discontinuităților. Durata de penetrare trebuie să fie cel puțin egală cu durata folosită la determinarea sensibilității.



*Fig.2.14. Etapele examinării cu LP*

În nici un caz nu trebuie ca penetrantul să se usuce în discontinuități din cauza duratei prea mari.

#### 2.4.3.3. Îndepartarea excesului de penetrant

După scurgerea timpului de penetrare excesul de penetrant se înlătură de pe suprafața de controlat; în urma acestei operații trebuie să rămână penetrant numai în cavități.

Dacă penetrantul este solubil în apă excesul de penetrant se poate îndepărta prin clătire, pulverizare sau stropire cu jet de apă (temperatura 15 ... 50 0C, cu condiția de a nu depăși punctul de fiebere al penetrantului, presiunea sub 2,5 bar) și ștergere cu tampoane din materiale textile, fără scame.

Penetrantul solubil în solvent organic se îndepărtează în două etape: se îndepărtează cât se poate de mult penetrant prin ștergerea suprafeței; se șterge cu un tampon îmbibat în solvent. Penetranții post-emulsionabili se îndepărtează prin clătire cu apă, după aplicarea unui emulgator.

Dacă emulgatorul este hidrofil, adică diluabil cu apă, înainte de aplicarea lui trebuie efectuată o spălare cu apă, pentru a îndepărta majoritatea penetrantului în exces de pe suprafața de examinat și pentru a facilita o acțiune uniformă a emulgatorului hidrofil care va fi aplicat ulterior.

Dacă emulgatorul este lipofil, adică pe bază de ulei, el se aplică numai prin imersie, durata de contact cu piesa stabilindu-se pe baza unor încercări prealabile.

#### 2.4.3.4. Uscarea suprafeței

Imediat după îndepărterea excesului de penetrant este necesară îndepărterea oricărui strop de apă de pe suprafața ce se examinează, adică uscarea acesteia. Cu excepția folosirii ulterioare a unui developant pe bază de apă, în toate celelalte cazuri se procedează la îndepărterea rapidă a urmelor de apă, prin una din următoarele metode:

- ștergere cu o pânză curată, uscată, fără scame;
- evaporare la temperatură ambientă, după cufundare în apă fierbinte;
- evaporare la temperatură ridicată;
- circulație forțată a aerului;
- combinație a metodelor de mai înainte.

Temperatura nu trebuie să depășească 50 0C.

#### 2.4.3.5. Developarea

Developantul uscat- se folosește numai cu penetranți fluorescenti. El se aplică uniform, într-un strat subțire pe suprafață, prin una din următoarele tehnici: introducere în cameră cu turbionare, pulverizare electro-statică, pat fluidizat.

Developant suspensie în apă- cu aplicare prin imersie în suspensia agitată sau prin pulverizare. Durata de imersie, cât mai redusă posibil, se stabilește prin încercări.

Developant pe bază de solvent- se depune prin pulverizare în strat subțire și uniform, astfel încât să ajungă umed pe suprafață, urmând apoi evaporarea solventului.

Developant solubil în apă- cu aplicare prin imersie în soluție agitată sau prin pulverizare. Durata de imersie, cât mai redusă posibil, se stabilește prin încercări. Piesa trebuie uscată prin evaporare naturală sau într-un cuptor cu circulație forțată a aerului.

Timpul de developare,  $td$ , este cuprins între 10...30 minute și de regulă este egal cu timpul de penetrare:  $td = (0,5...1) tp$ .

#### 2.4.3.6. Observarea

Suprafețele controlate cu penetranți colorați se examinează la lumină naturală sau artificială cu un flux de minimum 500 lx.

Suprafețele controlate cu penetranți fluorescenti se examinează în incinte întunecate folosind lămpi ce emit radiații ultraviolete în domeniul de 330-390 nm lungime de undă, iluminarea pe suprafață fiind de minimum 10 W/m<sup>2</sup> (1000 μW/cm<sup>2</sup>).

Observarea va putea începe după scurgerea a 5 minute de la accesul operatorului în incintă, astfel încât ochii lui să se adapteze la întuneric. În figura 2.15. este redat un set de materialele folosite pentru acest tip control, împreună cu piesa examinată.



Fig.2.15. Set examinare LP și piesa examinată

#### 2.4.3.7. Interpretarea

Prezența penetrantului pe fondul developantului se numește indicație.

- pată de culoare roșie pe fond alb - la metoda colorării;
- pată luminoasă (de obicei galben, galben-verzui) pe fondul închis al developantului (de obicei de culoare indigo, ca urmare a folosirii unui filtru indigo-violet la lampa de radiații ultraviolete) la examinarea prin metoda fluorescentei.

Indicațiile pot fi:

- indicație relevantă sau concludentă, care poate fi determinata de prezența unei discontinuități;
- indicație nerelevantă sau neconcludentă, provocată de o altă cauză decât prezența unei discontinuități, de obicei datorată unei tehnici operatorii incorecte;
- indicație falsă, determinata de configurației suprafețelor, prezenta oxizilor etc.

În afara petelor de culoare sau lumină clare, se consideră ca fiind indicații și tentele de culoare, reprezentând pete difuze pe o suprafață relativ întinsă a suprafeței (de exemplu, cea provenind de la grupări de pori mici). Indicațiile relevante se interpretează luând în considerație configurația lor, locul de amplasare pe suprafața piesei și evoluția lor pe durata developării (observarea se va face de câteva ori la intervale de timp începând de la 1 minut și continuând cu 5, 15 și 30 minute). Evoluția în timp a indicației poate oferi date asupra deschiderii discontinuității și mărimi cavității acestuia. În figura 2.16. sunt prezentate masuratorile unor defecte pentru piese, corp intermediar.



*Fig.2.16. Control cu LP- corp intermediar*

#### 2.4.3.8. Curățirea finală

Suprafața examinată se curăță de developant și penetrant prin spălare cu apă sau ștergere cu solvent, imediat ce s-a terminat procesul de examinare. Necesitatea curățării finale se justifică deoarece produsele penetrante pot interfera cu procesul ulterior sau cu condițiile de utilizare.

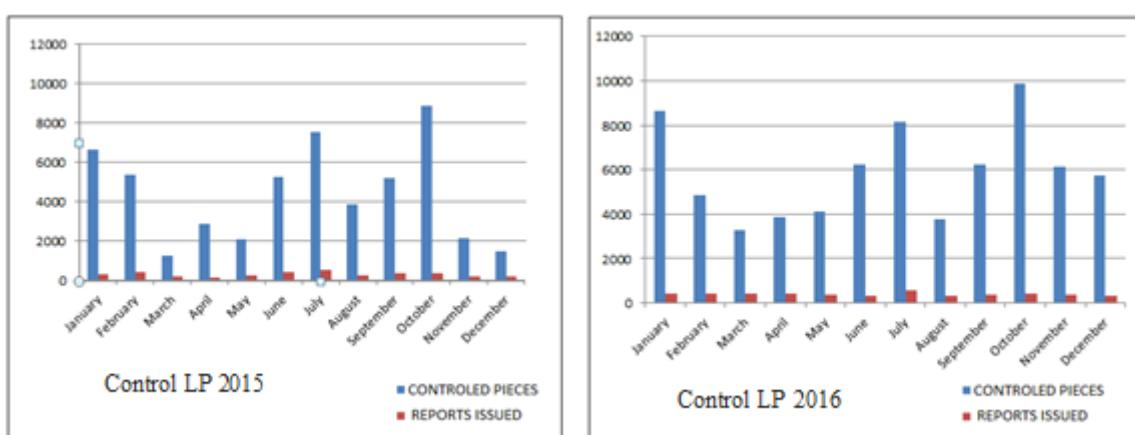
#### 2.4.4. Parametrii examinării cu lichide penetrante:

- tipul și intensitatea luminii de examinare;
- spălarea și uscarea suprafețelor de examinat;
- duratele de: penetrare, spălare, uscare, developare;
- proprietățile fizice și chimice ale lichidelor penetrante utilizate;
- interacțiile cu obiectul de examinat.

#### 2.4.5. Studiu de caz

Prin această metodă sunt controlate părți ale turbinei, în timpul procesului tehnologic de producție și la final, în unele situații și după instalare. Cel mai adesea supus acestui tip de control au piesele rotorului, discurile și bandajele [63].

O analiză a acestui tip de control, pe doi ani, într-o organizație producătoare de echipamente energetice, este prezentată în diagramele de mai jos, vezi figura 2.17. Cu albastru sunt reprezentate piesele examineate, iar cu roșu, cele pentru care au fost emise bulete de examinare [63].



*Figura 2.17. Variația numărului de controale LP*

Este de remarcat faptul că în anul 2016, numarul pieselor examineate cu LP a crescut, comparativ cu anul anterior.

Un buletin de control este emis pentru o piesă (de exemplu, arbore, ansamblu rotor etc.) sau pentru o mulțime de bucăți de același tip (de exemplu, lame de rotor, bandaj etc.). Foarte des, atunci când nu sunt necesare înregistrări pentru dosarul de calitate al pridusului, aceasta se face fără a fi emis un buletin de control; exceptia apărând însă atunci când se constată o abatere de la criteriul de control. În acest caz, se eliberează un buletin de control obligatoriu, deoarece în baza lui, se va emite un raport de neconformitate [63].

## 2.5. EXAMINAREA CU PULBERI MAGNETICE

### 2.5.1. Terminologie și noțiuni generale

*Controlul nedistructiv magnetic*, MT (Magnetic Testing) sau controlul cu pulberi magnetice, PM, reprezintă metoda de control nedistructiv care constă în detectarea discontinuităților unui material, pe baza efectelor produse de acestea asupra unor caracteristici ale câmpului magnetic produs în proba controlată [63].

Prezenta metodă stabilește cerințele și responsabilitățile pentru examinarea cu particule magnetice a pieselor turnate, forjate, laminate, suduri și reparării prin sudura în vederea detectării discontinuităților de pe suprafața sau aflate în imediata vecinătate a suprafeței [100]. Prin această metodă, pot fi controlate doar piese și semifabricate confectionate din materiale care se magnetizează, cum ar fi: oțel carbon și slab aliat, fonta, unele oțeluri aliante, cobalt, nichel și unele aliaje ale lor [62],[113].

Metoda se aplică numai pieselor din material feromagnetice (oțeluri carbon sau aliante) și se utilizează pentru detectarea discontinuităților de suprafață sau din imediata vecinătate a acesteia. Sensibilitatea este maximă pentru discontinuitățile de suprafață și scade rapid cu adâncimea acestora.

Se pot identifica: fisuri, vezi figura 2.18(a), defecte în suprapunerile de material, vezi figura 2.18(b), defecte de laminare, vezi figura 2.18(c)- semifabricate laminate, incluziuni etc.

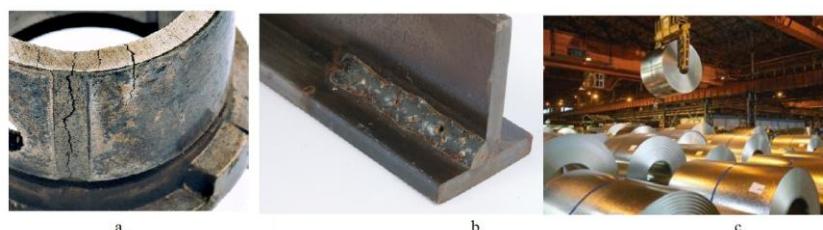


Fig.2.18. Exemplificarea tipurilor de defecte identificate prin control PM

Metoda constă în magnetizarea zonei de examinare și aplicarea particulelor magnetice pe suprafață. În zonele unde există discontinuități se vor produce distorsiuni ale liniilor de câmp magnetic, iar particulele magnetice se vor orienta în diferite forme care caracterizează tipul de discontinuități detectate [63], conform figurii 2.19.

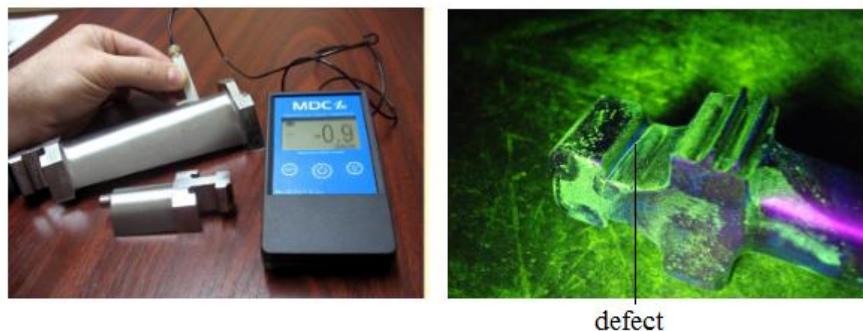


Fig.2.19. Paleta rotor IP, controlată cu PM

Indiferent de tehnica de magnetizare, sensibilitatea maxima se obține dacă discontinuitățile sunt orientate perpendicular pe liniile de camp magnetic. Deci pentru detectarea tuturor discontinuităților, fiecare zona trebuie magnetizată și examinată cel puțin după 2 direcții, aproximativ perpendicular une față de cealaltă [113].

Se va avea în vedere dimensiunea de gabarit a pieselor, forma, starea suprafeței, tipul de discontinuitate care trebuie detectată. În funcție de materialul examinat: forma, marimea suprafeței de examinat și extinderea examinării se vor alege:

- tehnica de magnetizare utilizată;
- echipamentul utilizat pentru magnetizare;
- pregatirea suprafeței (finisarea, curățirea);
- tipul particulei magnetice care se utilizează (culoarea, procedul umed sau uscat, etc).

*Examinarea cu pulberi magnetice*- metoda de control magnetic, constând în detectarea discontinuităților materialelor feromagnetice cu ajutorul pulberilor magnetice ce se acumulează în dreptul acestora, ca urmare a atragerii lor de către câmpurile de scăpări.

*Pulbere magnetică*- pulbere cu o anumită granulație, din materiale cu permeabilitate magnetică mare și remanenta mică. În mod obișnuit sunt folosiți oxizi de fier feromagneticci.

*Materiale feromagnetice*- materiale metalice cu permeabilitatea magnetică relativă  $m_r$  (mult mai mare decât 1). Aceste materiale sunt atrase foarte puternic de un camp magnetic. Exemple: fier, nichel, cobalt, magnetită –  $Fe_3O_4$ .

*Metoda continuă*- metoda continuă la examinarea cu particule magnetice constă în aplicarea câmpului magnetic înaintea aplicării particulelor magnetice iar deplasarea particulelor să se opreasă înaintea îndepărării câmpului magnetic.

*Magnetizarea circulară*- este creată prin inducerea unui câmp magnetic circular în piesă, astfel încât liniile de forță să ia forma unor inele concentrice în jurul axei curentului. Aceasta se poate obține prin trecerea curentului direct prin piesă (magnetizare circulară directă) sau prin trecerea curentului printr-un conductor central, acesta inducând un câmp magnetic circular în piesă (magnetizare circulară indirectă).

Magnetizarea circulară se folosește pentru detectarea discontinuităților în piese ale căror axe sunt aproximativ paralele sau până la  $45^\circ$  față de direcția curentului.

*Magnetizarea longitudinală*- este creată cu ajutorul unei bobine și constă în inducerea unui câmp magnetic în piesa astfel încât liniile de forță extinse prin piesa sunt aproximativ paralele cu axa bobinei de magnetizare.

Magnetizarea longitudinală este folosită la detectarea discontinuităților din materialele a căror axa este perpendiculară sau până la  $45^{\circ}$  față de axa bobinei.

*Defect*- o indicație relevantă în material a cărei mărimi și/ sau localizare definite și evaluată pe baza acestei metode, dăunează funcționării componenței respective.

*Discontinuitate*- o întrerupere fizică sau o neuniformitate brusca în microstructura materialului.

*Camp magnetic de dispersie*- câmp magnetic produs în mediul înconjurător în dreptul unei discontinuități ca urmare a magnetizării marginilor sale. Sinonim: câmp sau flux de scăpări, vezi figura 2.20.

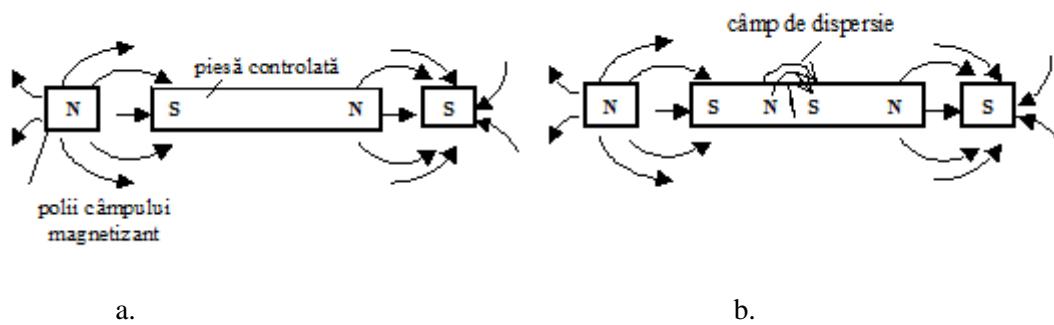


Fig. 2.20. Magnetizarea unei piese: (a) fără discontinuitate;  
(b) cu discontinuitate

Câmpul magnetic de dispersie este neomogen și are energie mare [100].

Tendința câmpului de a-și micșora energia până la o valoare minimă posibilă este satisfăcută prin atragerea unor particule ferromagnetice depuse sub forma de pulbere pe suprafața piesei controlate; se formează astfel aglomerări de pulbere pe suprafața piesei, marcând prezența defectelor.

Mărimea câmpului magnetic de scăpări depinde în mod direct de orientarea discontinuității în raport cu liniile de forță ale campului magnetizant și de adâncimea la care se găsește discontinuitatea [62]. În figura 2.20. sunt redate schematic, principalele tipuri de discontinuități întâlnite în interiorul unui material sau în imediata vecinătate a suprafeței ce mărginește piesa:

- 1 – discontinuitate de suprafață, orientată perpendicular pe liniile de câmp;
- 2 - discontinuitate în apropierea suprafetei, orientată perpendicular pe liniile de câmp;
- 3 - discontinuitate de profunzime, orientată inclinat față de liniile de câmp;
- 4 - discontinuitate în apropierea suprafetei, orientată paralel cu liniile de câmp.

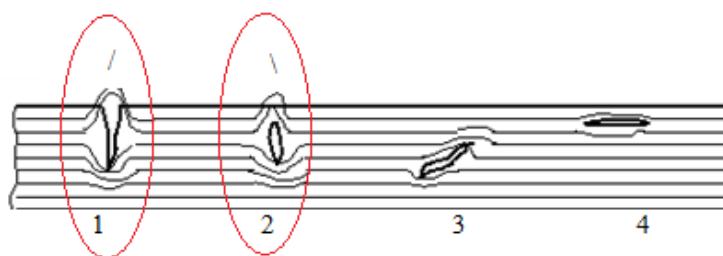


Fig. 2.21. Perturbarea liniilor de câmp de către discontinuități

După cum se vede în figura 2.21. numai discontinuitățile 1 și 2 pot fi detectate prin examinarea cu pulberi magnetice.

### 2.5.2. Materiale utilizate la examinarea cu pulberi magnetice

*Pulbere magnetică fluorescentă* – pulbere magnetică ale cărei granule sunt acoperite cu o pelicula fluorescentă. Contrastul față de fond se obține prin diferența de strălucire la iluminarea cu radiații ultraviolete (UV).

*Pulbere magnetică colorată* – pulbere magnetică ale cărei granule sunt colorate prin depunere de pelicule sau prin atacare chimică, astfel se obține contrastul față de fond.

*Suspensie magnetică* – suspensie de pulbere magnetică într-un mediu de dispersie (aer, apă, petrol, ulei). Sinonim: lichid magnetic, dacă mediul este lichid.

Observație: În funcție de modul de utilizare a pulberii magnetice, metodele de control pot fi: metode uscate, când pulberea este folosită în suspensie cu aer sau metode umede, cand pulberea este folosită sub formă de lichid magnetic [100].

### 2.5.3. Etapele controlului cu pulberi magnetice

Pentru controlul cu pulberi magnetice a unui obiect (piesă, semifabricat) sunt necesare următoarele operații, redate în figura 2.22.:

#### 2.5.3.1. Curățirea suprafeteelor controlate

Rezultate satisfăcătoare se obțin și când suprafața este așa cum rezultă din turnare, forjare, măritare, roluire, sudare etc.

Pregătirea suprafetei prin polizare sau sablare poate fi necesară când neregularitățile suprafetei pot masca indicațiile provenind de la discontinuități.

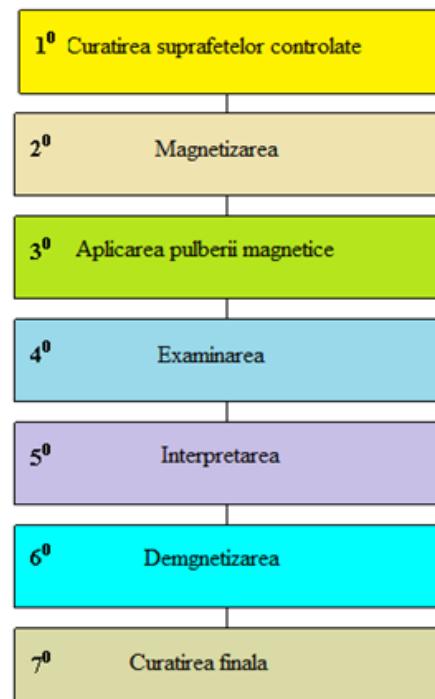


Fig. 2.22. Etapele examinării cu PM

Toate suprafețele obținute prin tăiere termică vor fi polizate la luciu metalic înainte de examinare cu particule magnetice.

Gradul de finisare al suprafețelor prelucrate (rugozitatea) va fi conform cerințelor din documentația de execuție, dar nu va depăși  $6,3 \mu\text{m}$ .

Înainte de examinare cu particule magnetice, suprafața de examinare precum și o zona adiacentă de minim 25 mm vor fi uscate, curate și lipsite de urme de ulei, nisip, rugina, exfolieri, scame, vopsea, flux de sudura, zgură, stropi sau alte materiale care pot îngreuna mobilitatea particulelor și masca eventualele indicații relevante sau creează indicații false.

Curățirea se face prin sabare, degresare cu solvenți organici, cu soluții alcaline sau curățitorii de vopsea.

Pentru degresare cu solvenți se utilizează: acetone, white spirit, kerosen.

Substanțele chimice folosite la curățare nu vor conține clor, sulf sau soluții caustice.

Vopseaua aderentă în strat subțire ( $< 20\mu\text{m}$ ) nu împiedică formarea indicațiilor dar este obligatorie îndepărțarea ei în punctele unde trebuie realizat un contact electric.

Dacă nu se precizează altfel în documentație se vor controla toate zonele (100%) în aşa fel încât să se evidențieze toate discontinuitățile, indiferent de orientarea lor.

### 2.5.3.2. Magnetizarea

Modul în care se realizează magnetizarea piesei este esențial pentru reușita controlului cu pulberi magnetice.

Regula de aur, în cazul de față, este următoarea: magnetizarea trebuie astfel realizată încât liniile de forță ale campului magnetic să cadă perpendicular pe discontinuitățile căutate [113].

Sensibilitatea de detecție scade apreciabil dacă orientarea discontinuităților este deviată cu mai mult de  $45^0$  față de direcția optimă.

Luând în considerare direcția liniilor de câmp, în raport cu axa de simetrie a piesei magnetizate, câmpul magnetic poate fi longitudinal sau transversal.

Pieselete vor fi examinate folosind metoda continuă umedă, cu excepția sudurilor care pot fi examinate cu metoda uscată continuă. Nu se vor examina piesele folosind metoda reziduală [100].

Curentul de magnetizare nu se va întrerupe până când curgerea suspensiei magnetice nu va inceta.

Fiecare piesă va fi examinată 100% dacă nu se apreciază altfel în documentație. Toate zonele vor fi magnetizate în 2 (două) direcții perpendicular dacă nu se precizează altfel [113].

#### *Magnetizarea circulară (transversală) directă*

Această tehnică constă în trecerea curentului direct prin piesa, utilizând electrozi de contact sau dispozitive de prindere. Se va acorda atenție la asigurarea unui bun contact cu piesa pentru a nu se producă încălziri locale sau arc electric.

Pentru piese cu diametere multiple, examinarea va începe cu cel mai mic diametru și va continua în ordine crescătoare până când va fi examinată întreaga piesă.

Se va folosii un curent de  $100\div 125A$ , pentru fiecare  $25mm$  din diametru sau grosimea secțiunii piesei.

Când se utilizează electrozi de contact, distanța între aceștia va fi de  $75\div 200 mm$ . Curentul de magnetizare va fi de  $100\div 125 A$ , pentru fiecare  $25 mm$  distanță între electrozi.

Pentru examinarea găurilor arborilor de turbina sau de generator se folosește un conductor electric plasat în interiorul găurii fără a fi necesară centrarea acestuie, iar zona examinată se va delimita cu ajutorul indicatorului de câmp magnetic.

*Magnetizarea longitudinală* este valabilă doar la piesele care au raportul dimensional: lungime/ diametru sau grosime mai mare sau egal cu 2, conform ecuației 2.20.

$$L \setminus D \geq 2 \quad (2.20.)$$

La această tehnică curentul trece printr-o bobină, de obicei cu mai multe spire. Aceasta bobină poate fi rigidă, un jug magnetic sau poate fi creată prin infășurarea unui cablu în jurul piesei. Se va acorda o atenție deosebită ca izolația cablurilor să fie în bună condiție astfel încât să nu existe riscul de a produce arc electric.

Câmpul magnetic pentru magnetizarea longitudinală va fi exprimat în ampere/ spira. Aceasta este produsul dintre curentul aplicat și numărul de spire din bobină [113].

*Bobina:* pentru magnetizări longitudinale folosind bobine obținute prin infășurare, amperajul minim va fi calculat folosind raportul  $L/D$ , unde: L- lungimea, iar D- diametru sau grosime piesei.

Pentru piese la care  $5 \leq L \setminus D < 15$ , se va folosi formula din ecuația 2.21.[113]:

$$\text{Amperi} \times \text{Spira} = 45.000 / (L/D) \quad (2.21.)$$

Când raportul  $L/D$  este:  $15 \leq L \setminus D$ , se va folosi formula din ecuația 2.22.:

$$\text{Amperi} \times \text{Spira} = 45.000 / 15 \quad (2.22.)$$

Pentru piese la care  $2 \leq L \setminus D < 5$ , se va folosi formula din ecuația 2.23.:

$$\text{Amperi} \times \text{Spira} = 30.000 / (L/D) \quad (2.23.)$$

Pentru magnetizare longitudinală, folosind o bobină de inducție, amperajul minim se va calcula în funcție de raportul  $L/D$ , folosind formula din ecuația 2.24.:

$$\text{Amperi} \times \text{Spira} = 15.000 / (L/D) \quad (2.24.)$$

Pentru aparate cu reglajul în ampere, se va folosi formula din ecuația 2.25.:

$$A = \text{Amperi} \times \text{Spira} / \text{Nr. de spire din bobină} \quad (2.25.)$$

Pentru bobine de inducție se folosesc 10 spire pentru piese de până la maxim 25 cm, iar pentru piese de peste 25 cm se folosesc 5 spire. Câmpul efectiv este de aproximativ 30 cm în jurul bobinei, măsurat cu ajutorul unui indicator de câmp magnetic.

Piese de lungimi mai mari de 400 mm vor fi examinate folosind mai multe magnetizări pe porțiuni determinate cu ajutorul indicatorului de câmp magnetic.

La examinarea cu bobină se va utiliza metoda continuă umedă.

#### Cabul infășurat:

Curentul de magnetizare va fi  $100 \div 125$  Amperi X Spira, pentru fiecare 25 mm din diametrul examinat.

Curentul de magnetizare va fi reglat astfel încât indicatorul să arate un câmp magnetic suficient. Pentru magnetizarea pe instalațiile fixe de control se vor folosi valorile de curent indicate de producător.

Vor exista deci:

- *magnetizare longitudinală*, când direcția campului magnetic este paralelă cu axa longitudinală a piesei (fig.2.23.,a);
- *magnetizare transversală*, când direcția câmpului magnetic este perpendiculară pe axa longitudinală a piesei (fig.2.23.,b);
- *magnetizare circulară* (fig.2.23.,c), când liniile de câmp urmăresc conturul periferic al obiectului controlat; ea poate fi considerată o variantă a magnetizării transversal.

Indicațiile obținute se vor clasifica astfel:

- 1- indicație sigură;
- 2- nu se obține indicație;
- 3- indicație sigură;
- 4- indicație parțial.

Jugul magnetic alimentat în curent continuu (DC) se va folosi la examinări locale.

Jugul magnetic în curent alternativ (AC) va fi folosit pentru examinări locale când sunt urmărite doar discontinuități de suprafață.

Jugurile magnetice vor fi verificate prin ridicarea cu ajutorul lor a unor greutăți calibrate din oțel. Jugurile magnetice alimentate în curent alternativ (AC) vor trebui să ridice 4,5 kg, iar cele din curent continuu (DC) 18 kg. Se va verifica la distanță maximă de flosire între poli, vezi figura 2.24.

Pentru piese cu mărimi diferite de forma cilindrică; se va lua în considerare diagonala celei mai mari secțiuni într-un plan perpendicular pe direcția curentului. În funcție de marimea diagonalei se va alege valoarea curentului dată de criteriile mai sus menționate.

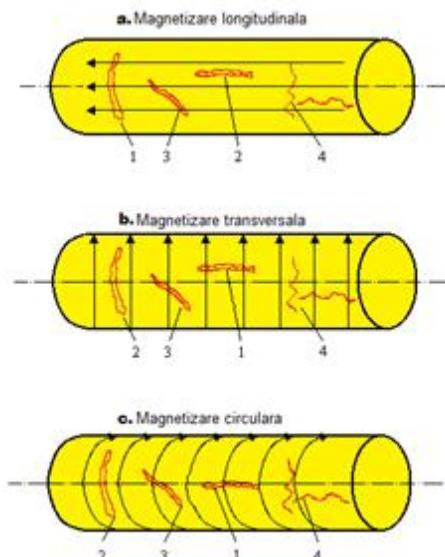


Fig. 2.23. Tipuri de magnetizare

Jug de magnetizare UM10 Hansa-CD cu acumulator



Fig. 2.24. Jug magnetic

### 2.5.3.3. Aplicarea pulberii magnetice

La *metodele uscate* pulberea se poate aplica pe suprafața piesei examineate sub forma de suspensie, prin pulverizare sau prin sitare. Pentru suprafetele rugoase se poate folosi un recipient din plastic cu pereți subțiri (doza magnetică).

La *metodele umede*, suspensiile se aplică prin turnare, pulverizare, pensulare, stropire sau imersie.

Pentru amplificarea contrastului se admite îndepartarea excesului de penetrant prin agitarea pesei, suflarea cu un jet de aer (max. 2 bar) sau așezarea ei într-o poziție favorabilă scurgerii excesului de suspensie.

Derularea și aplicarea pulberii – conduce la două tipuri de metode de control.

- *metoda în câmp aplicat*, la care aplicarea suspensiei magnetice și observarea indicațiilor se fac în timpul magnetizării;
- *metoda în câmp remanent*, la care aplicarea suspensiei magnetice și observarea indicațiilor se fac ulterior magnetizării.

Pulberile magnetice sunt de două feluri:

- pulberi magnetice colorate;
- pulberi magnetice fluorescente.

*Pulbere magnetică fluorescentă* – pulbere magnetică ale cărei granule sunt acoperite cu o peliculă fluorescentă. Contrastul față de fond se obține prin diferența de strălucire la iluminarea cu radiații ultraviolete (UV). În figura 2.25. sunt redate câteva recipiente cu pulbere magnetică fluorescentă.



Fig. 2.25. Pulbere magnetică fluorescentă

*Pulbere magnetică colorată* – pulbere magnetică ale cărei granule sunt colorate prin depunere de pelicule sau prin atacare chimică. Contrastul față de fond se obține prin diferența de culoare.

*Suspensie magnetică* – suspensie de pulbere magnetică într-un mediu de dispersie (aer, apă, petrol, ulei). Sinonim: lichid magnetic, dacă mediul lichid, vezi figura 2.26.

În funcție de modul de utilizare a pulberii magnetice, metodele de control pot fi:

- metode uscate, când pulberea este folosită în suspensie cu aer;
- metode umede, când pulberea este folosită sub formă de lichid magnetic.



Fig.2.26. Suspensie magnetică

#### 2.5.3.4. Examinarea suprafețelor

Prezenta unei aglomerări de pulbere într-o zonă a piesei (indicație) indică posibilitatea existenței unei discontinuități.

#### 2.5.3.5. Interpretarea indicațiilor

Aceasta se va face după configurația lor, amplasarea pe piesa, tehnologia folosită la obținerea piesei și condițiile în care a fost exploatată (dacă e cazul).

Discontinuitățile plane (fisuri, suprapunerি, stratificări, nepătrunderi etc) dau indicații cu aspect de linii continue, întrerupte sau punctate [113].

Discontinuitățile spațiale (inclusuni, sufluri etc) dau indicații circulare sau ovale.

Modificările de secțiune, suprafețele de separație între materiale cu proprietăți magnetice diferite, magnetizările prea intens, precum și cantitățile prea mari de pulbere pot provoca indicații nerelevante.

Indicațiile neconcluzente, datorate în mod obișnuit modului de lucru necorespunzător și pregătirii incorecte a suprafeței, impun repetarea controlului [113].

Luarea deciziei Admis/ Respins presupune referirea la prevederile unui standard sau ale unei norme.

De exemplu, pentru arborii rotorilor de turbină se procedează astfel:

- Nu sunt admise:
  - discontinuitățile ale căror indicații sunt liniare;
  - discontinuitățile ale caror indicații sunt rotunjite, dacă dimensiunea maximă a indicației este mai mare de 4 mm.
- Se admit : cel mult trei discontinuități cu indicații rotunjite cu dimensiunea maximă de 4 mm, situate în linie, cu condiția ca distanța dintre marginile indicațiilor să fie de cel puțin 1,5 mm, vezi figura 2.27. [63].

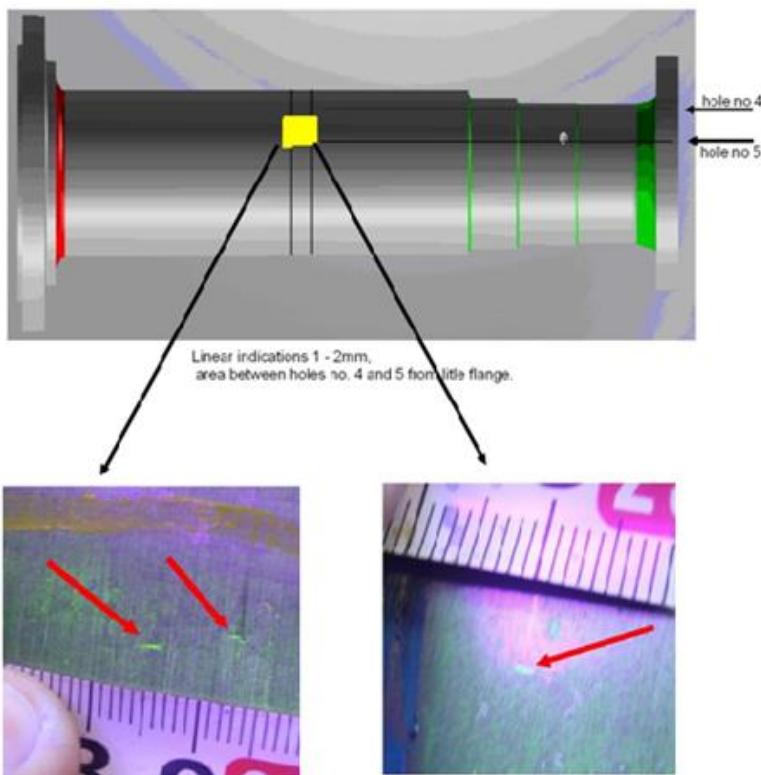


Fig.2.27. Examinare PM- arbore rotor turbină IP, tip F1C 330MW

**Observație:** Pentru sporirea cantității de informații privind discontinuitățile și natura lor, controlul se completează cu o examinare optico-vizuală a porțiunii defecte!

#### *Măsurarea iluminării și iradierii:*

Pentru particule magnetice fluorescente se va folosi lumina ultraviolet cu lungimea de undă de  $3.200 \div 4.000$  unități Angstrom. Intensitatea acestea va fi de minim  $1.000 \mu\text{V}/\text{cm}^2$ , la o distanță de 380 mm. Verificarea intensității se va face la începutul fiecărui schimb cu lux-metrul.

Intensitatea incintei unde se efectueaza examinări nu va depășii 20 lx, pe suprafața piesei.

Pentru articulele vizibile, intensitatea luminii albe va fi de cel puțin 1.000 lx pe suprafața piesei (măsurat cu lux-metrul).

Pentru iluminarea suprafețelor de examinare se poate folosi:

- bec cu incandescentă de 100W așezat la o distanță de 0,2m;
- tub fluorescent de 80W așezat la o distanță de 1m;
- la examinarea cu pulbere fluorescentă se va utiliza o lampa de lumina fluorescentă (ce funcționează în domeniul 3300-3900Å) care să asigure pe suprafața de examinat o intensitate de  $800 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ .

Laboratorul de examinări nedistructive trebuie să fie dotat cu o trusă cu anexe, cum ar fi indicatorul de câmp magnetic (conform ASME, secțiunea V), etaloane cu fisuri și cu găuri, pulverizator, instrument de măsură a câmpului remanent, avertizor de tensiune, agitator pentru soluții, cilindru gradat pentru determinarea concentrațiilor soluțiilor, lampa ultravioletă, instrument de masură în UV etc.

#### 2.5.3.6. Demagnetizarea

Există numeroase situații în care magnetismul remanent apărut în urma controlului magnetic dăunează bunei funcționari a pieselor în exploatare sau la prelucrarea ei în continuare (sudare cu arc electric, vopsire în camp electrostatic, montaj etc.).

Se vor demagnetiza, pe cât posibil, toate componentele care au fost examinate cu particule magnetice. Demagnetizarea va fi efectuată întotdeauna cand s-a efectuat o magnetizare longitudinală.

O magnetizare reziduală de  $\pm 3$  gauss sau de  $\pm 2$  diviziuni pe indicatorul de camp magnetic remanent, este considerată acceptabilă dacă nu există altă specificare în documentația de execuție/control.

Când demagnetizarea este cerută după o magnetizare circulară, aceasta va fi executată utilizând un câmp longitudinal.

#### 2.5.3.7. Curățirea finală

Urmăre de suspensie magnetică se îndepartează prin ștergere cu ajutorul unei pânze curate. Se poate folosi și un tampon textil îmbibat într-un solvent adevarat pentru îndepartarea lichidului purtător.

#### 2.5.4. Parametrii examinării cu pulberi magnetice

- magnetizare: circulară, longitudinală, mixtă, multidirectională;
- iluminarea obiectului examinat;
- geometria examinării - schema de amplasare a jugului magnetic, a electrozilor, a magneteilor permanenți, a conductorilor electrici, pasul de examinare;
- parametrii electrici ai surselor de curent;
- durata de magnetizare;
- proprietățile fizice și chimice ale particulelor magnetice utilizate, interacțiile cu obiectul de examinat [62].

#### 2.5.5. Studiu de caz

Deoarece prin această metodă de control se pot detecta discontinuități de la suprafață sau aflate în imediata vecinătate a suprafetei și luând în calcul costurile implicate de acest tip de control (relativ mici comparativ cu alte procedee de control END) se poate observa o utilizare cu preponderență a acestei metode, în cazul studiat [62].

Dacă se obțin indicații neconcludente este necesară reexaminarea; trebuie repetat tot procesul de examinare, începând de la curățarea prealabilă. Este recomandabilă o nouă alegere a condițiilor de examinare, mai favorabile obținerii unor rezultate mai bune [62].

Prin aceasta metodă sunt controlate reperele ce intră în componența rotorilor de turbină, în timpul procesului tehnologic de fabricație și la final, în unele situații și după montare. Cele mai des supuse piese la acest tip de control sunt: arborele rotor, discul, paletele, bandajele etc [63].

O analiză comparativă a acestui tip de control, pentru doi ani, este redată în graficele din figura 2.28. Cu albastru sunt reprezentate piesele examineate, iar cu roșu, cele pentru care au fost emise buletine de examinare [63].

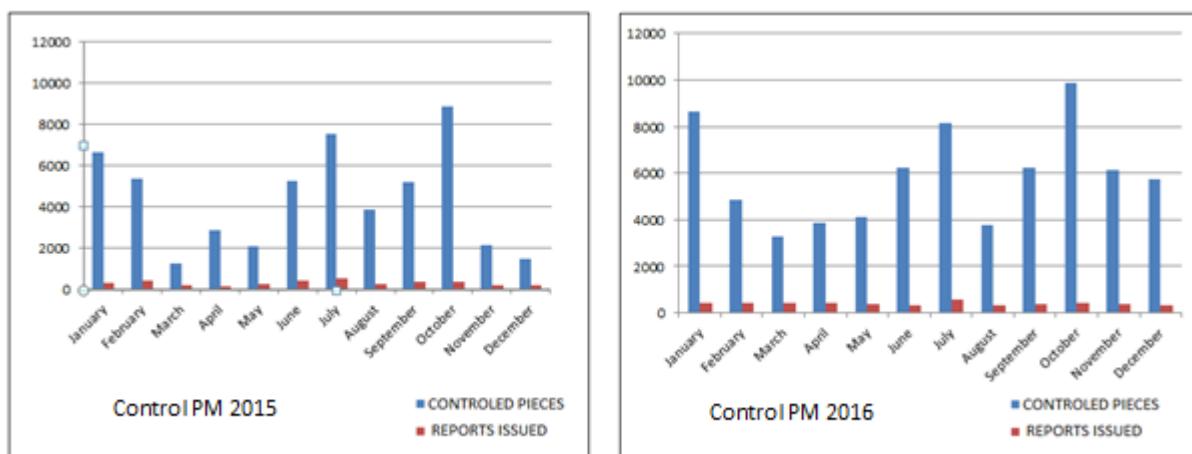


Fig.2.28. Variația numărului de controale PM

Este de remarcat faptul că numărul pieselor controlate este mult mai mare decât cel pentru care s-au emis înregistrări de calitate în urma controlului. Se procedează în mod similar cu situația prezentată anterior, la examinarea cu lichide penetrante. Numărul pieselor controlate cu PM în 2015 este mai mare decât al celor controlate în 2016.

## 2.6. EXAMINAREA CU ULTRASUNETE

### 2.6.1. Terminologie și noțiuni generale

Ultrasunetele sunt vibrații sonore situate între 20 000-1 000 000 Hz, ce se propagă ca și sunetele sub formă de unde elastice, mai greu prin aer decât prin lichide sau solide, având o lungime de undă mai mică decât sunetele [6].

Nu există generatoare și receptoare specifice pentru ultrasunete, însă randamentul aparatelor folosite depinde în general de efectul de rezonanță, care le impune o frecvență optimă de funcționare. Tehnologia traductoarelor utilizată în domeniul ultrasunetelor se reduce la schema de mai jos, figura 2.29 [7].

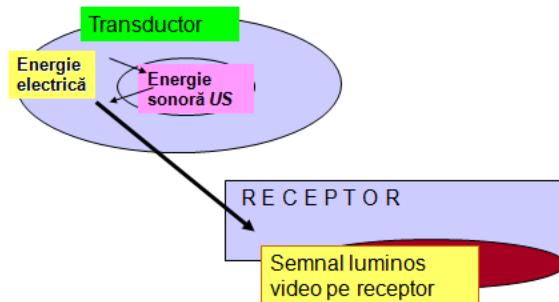


Fig.2.29. Schema emisie- recepție US

### 2.6.2. Producerea ultrasunetelor

Undele ultrasonice se obțin prin metode mecanice, magnetostrictive și piezoelectrice. Corpul care vibrează și generează unde ultrasonice este denumit sursă acustică sau sursă de ultrasunete.

La baza obținerii ultrasunetelor se află cel mai adesea fenomenul piezoelectric, efect descoperit în anul 1880 de către Pierre și Jacques Curie. Apariția polarizării electrice la suprafața unui cristal atunci când asupra lui se exercită o presiune mecanică sau o tracțiune se numește efect piezoelectric direct. Aplicarea unui câmp electric pe suprafața unui cristal piezoelectric duce la contracția sau dilatarea acestuia și la emisia unor unde acustice. Acest fenomen se numește efect piezoelectric invers [6],[7],[113].

Materialele piezoelectrice cele mai folosite sunt: titanatul de bariu, zirconatul de plumb (materiale piezoceramice) și fluorura de poliviniliden (material plastic). Cuarțul natural sau cel sintetic posedă de asemenea proprietăți piezoelectrice, avantajele acestuia fiind rezistența mecanică destul de redusă [90]. Materialele piezoceramice posedă o mai bună eficiență a conversiei energiei electrice în energie mecanică, sunt ieftine, se prelucrează ușor și necesită tensiuni scăzute. În figura 2.30. este redată schema de control cu US.

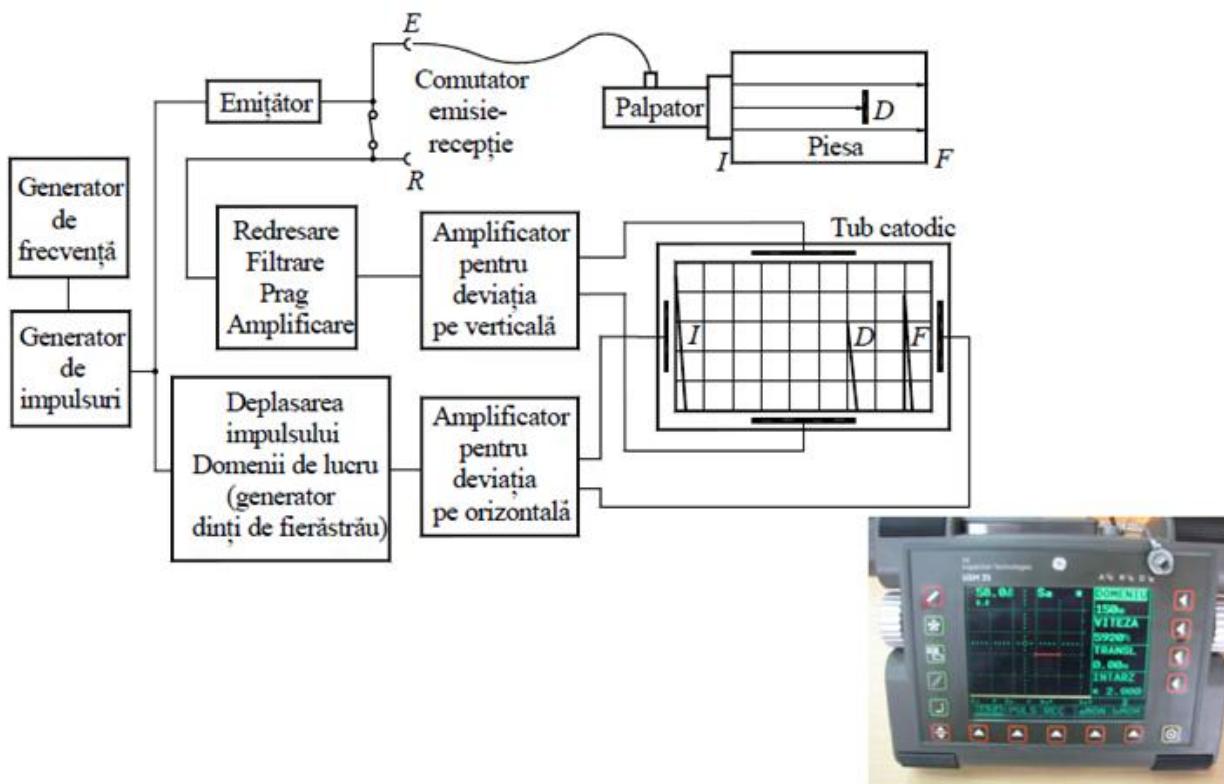


Fig.2.30. Schema de aplicare a metodei- Aparat US- Defectoscopul ultrasonic

### 2.6.3. Particularitățile examinării și domeniul de aplicare

În cadrul proceselor de obținere a produselor din industria energetică, prezenta metodă de control este utilizată la examinarea oricărei piese forjate, laminate, turnate, table, țevi, ansamblu sudat, ale caror forme permit sau pot fi modificate astfel încât să permită, examinarea cu ultrasunete [113]. Astfel se pot examina spre exemplu:

- bare forjate sau laminate, cu profil pătrat, rectangular, hexagonal sau octogonal [102];
- arbori;
- rotori de turbină sau de generator;
- inele forjate sau laminate;
- cilindri plini sau găuriți;
- discuri;
- roți dințate;
- segmenti;
- paletele de rotor și chiar stifturile acestora, înainte și după asamblarea lor [103].

Prin *zona de indicație* se înțelege un interval care conține un grup mare de indicații, care pot fi izolate fiecare sau identificate individual, dar care nu pot fi raportate individual, datorită timpului excesiv cerut, pentru raportarea fiecărei astfel de indicații.

*Amplitudinea indicației* reprezintă procentul din 100% din înălțimea ecranului, la nivelul de sensibilitate cerut.

*Indicațiile asociate/ grupate* reprezintă două sau mai multe indicații, care sunt localizate la o distanță mai mică sau egală de 12,7 mm, în toate trei direcțiile axelor de coordonate. Astfel indicațiile situate la o distanță mai mare de 12,7 mm pe cele trei axe de coordonate, vor fi numite *indicații imprăștiate*.

*Indicația „holding”* este specifică discontinuităților cu lungimea și/ sau lățimea mai mare decât profilul fascicolului la aceeași adâncime. Este o indicație care crește în amplitudine până la un maxim care se menține sau variază puțin și apoi descrește la zero, atunci când traductorul este mișcat.

*Indicația izolată* este localizată la mai mult de 25,4 mm față de oricare altă indicație, în toate trei direcțiile axelor de coordonate.

*Indicația orientată* se caracterizează prin diferența dintre poziția de amplitudine maximă și cea de distanță minimă până la traductor.

*Indicație importantă* are amplitudinea maximă cu 10% mai mare decât amplitudinea celorlalte indicații din zona examinată.

Examinarea trebuie efectuată după tratamentul termic, acolo unde este cazul sau după prelucrarea mecanică a semifabricatului, în vederea asigurării configurației optime acestui tip de control [102], [103].

#### *Pregătirea suprafeței de examinat:*

- suprafața trebuie curățată de șpan, grăsimi, orice urmă de murdărie, vopsea sau materiale străine care pot influența examinarea;
- suprafețele de examinat vor fi fără defecte vizibile și nu vor avea denivelări mai mari de 0,127 mm orice zonă de 50,8 mm.
- rugozitatea suprafețelor nu va depăși 6,3 µm.

*Cuplantul* trebuie să respecte vascozitate prescrisă în standard [102], [103]. Se pot folosi uleiuri minerale, soluție de zahăr, valvolină, miere de albine, pastă de celuloză, pastă de amidon, combinații de uleiuri cu glicerină, dar cel mai bine este să se utilizeze un produs omologat cu caracteristici cunoscute și confirmate, prin certificat de calitate, emis de firma producătoare.

Înainte de începerea unei noi examinări sau ori de câte ori se consideră necesar trebuie calibrat echipamentul de control.

#### *Clasificarea undelor:*

- unde longitudinale – traiectoria undei este liniară și deplasarea particulelor mediului se face în direcția propagării undei;
  - unde transversale - traiectoria undei este liniară, iar deplasarea particulelor mediului se face pe direcție perpendiculară traiectoriei undei; se mai numește Direcția de mișcare particulară mediu;
  - unde de torsiu - traiectoria particulelor mediului este circulară, într-un plan perpendicular pe direcția de propagare a frontului de undă, iar mediu are dimensiuni finite. Apar în medii solide de tipul barelor solicitate la torsiu;
  - unde Lamb - unde elastice generate în plăci subțiri cu caracteristici detensiune dependente de lungimea de undă corespunzătoare mediului de propagare.
- Direcțiile de examinare:
- dacă este posibil, toate secțiunile piesei vor fi scanate în două direcții perpendiculare de examinare, vezi figura 2.31.

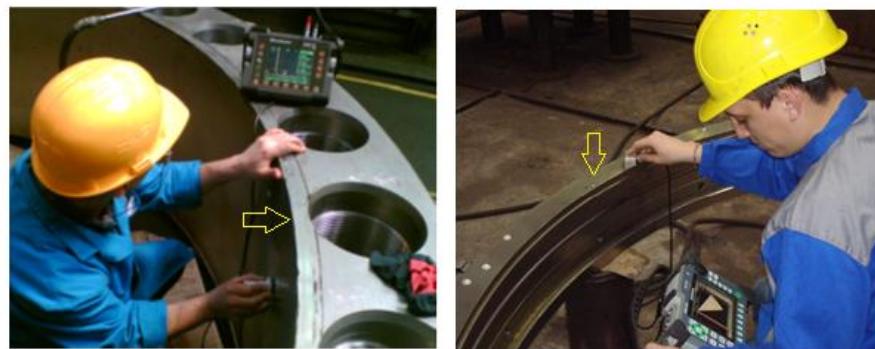


Fig.2.31. Exemplu de scanare piese prin metoda de examinare cu US

Metode de bază :

Metoda cu impuls reflectat (sinonime: metoda ecoului, puls-echo) – metodă de examinare cu ultrasunete, emise sub formă de impulsuri, la care se înregistrează, cu același traductor, ecoul primit de la un reflector (discontinuitate, fundul piesei, muchia tablei etc.).

Metoda cu impuls transmis (sinonim: metoda umbrei) – metodă de examinare cu ultrasunete, la care se înregistrează, cu un alt doilea traductor, impulsurile care au străbătut materialul examinat, afectate sau nu de prezența unei discontinuități.

Metoda cu ecouri repetate - metodă de examinare cu ultrasunete, la care se înregistrează ecourile multiple (repetate) produse prin reflexia de mai multe ori a impulsurilor pe suprafețele opuse ale piesei sau/și defectelor.

Examinare prin contact – examinare la care palpatorul se găsește în contact cu piesa examinată, prin intermediul unui cuplant.

Examinare cu fascicul direct – examinare la care fasciculul ultrasonor ajunge direct în zona care interesează, fără reflexii intermediare.

Examinare (cu incidență) normală – examinare la care undele ultrasonice sunt introduse perpendicular pe suprafața piesei.

Examinare (cu incidență) oblică – examinare la care undele ultrasonice sunt introduse sub un unghi în raport cu normala la suprafața piesei.

Sisteme de examinare:

- defectoscop US (analogic sau digital);
- traductoare: normale, unghiulare, cu unghi fix sau reglabil, cu reglaj mecanic sau electronic;
- cabluri de legătură;
- blocuri de calibrare și etaloane;
- blocuri de referință;
- cuplanți;
- diagrame cu curbe AVG.

Parametrii de examinate:

- tipul de unde utilizate: longitudinale (normale și înclinate), transversale, de suprafață (unde Creeping , unde difractate folosite in TOFD);
- frecvență;
- dimensiunile elementului piezoelectric;
- mărimea câmpului apropiat;
- caracteristica sonică a traductorului;
- unghiul de incidență la traductoare unghiulare;
- punctul de zero;
- rezoluția sau puterea separatoare;
- distanța focală, zona focală;
- geometria examinării: amplasarea traductoarelor, pasul de examinare, direcțiile și sensurile de examinare;
- tensiunea de excitare;
- vizualizarea semnalelor traductorului;
- afișarea rezultatelor;
- poarta monitorului;
- amplificarea;
- examinare manuală, automată sau semiautomată, examinare impuls-ecou reflectat, prin transmisie, tandem etc.
- metoda de reglare a sensibilității de examinare (AVG, blocuri de referință, blocuri de calibrare) [102],[113].

Avantajele prezentei metode:

- putem spune că examinarea cu ultrasunete pune în evidență aproape toate tipurile de discontinuități bi- sau tridimensionale;
- un aspect deloc de neglijat este faptul ca nu necesită măsuri speciale de protecție nici pentru operator și nici sub aspect ecologic;
- rezultatele acestui tip de control se obțin imediat, adică în timp real;
- sensibilitatea remarcabilă a metodei, este de 0,5 mm pentru defecte tridimensionale; defectele bidimensionale foarte fine cu dimensiuni oricără de mici ca deschidere, care au totuși două

dimensiuni comparabile cu lungimea de undă US pot fi detectate mult mai bine decât radiografic;

- prezintă probabilitatea de detectare a discontinuităților, la grosimi de material mai mari de 20-30 mm este superioară defectoscopiei cu radiații;

- detectarea defectelor situate la adâncime mare în materiale metalice omogene (peste 10 m lungime produse laminate sau forjate din oțel);

- localizarea defectelor în raport cu suprafața de examinare; posibilități de estimare a formei defectelor.

- măsurarea defectelor cu o bună aproximare, în 2D și în unele cazuri, în 3D.

- măsurarea grosimilor de pereți atunci când produsul examinat este accesibil pe o singură suprafață: cazane, conducte, țevi etc.

- determinarea de constante elastice ale materialelor.

- echipamentul este portabil cu greutate minimă în jur de 300 g, ceea ce permite examinarea ușoară în condiții de șantier sau pe teren;

- posibilitatea de automatizare a examinării.

- integrarea în sisteme IT.

- din punct de vedere economic, controlul US este mai ieftin decât controlul cu radiații.

Principalele limite în examinarea cu ultrasunete:

- în cele mai multe cazuri necesitatea contactului dintre palpator și piesa examinată;

- pasul mic de control, timp mare de examinare;

- necesitatea utilizării unui material de cuplare;

- dificultăți la examinarea materialelor cu granulație mare sau a celor eterogene;

- operațiile și interpretarea rezultatelor sunt complexe ceea ce impune un nivel ridicat de calificare competență și conștiințiozitate din partea personalului operator.

Dacă specificația de produs permite, se poate folosi polizarea locală pentru a reduce sau a îndepărta imperfecțiunile care pot fi cauza unor indicații inacceptabile la examinarea cu lichide penetrante.

Dacă reexaminarea este necesară, de exemplu ca urmare a apariției indicațiilor neconcludente, trebuie repetat tot procesul de examinare, începând de la curățarea prealabilă. Este recomandabilă o nouă alegere a condițiilor de examinare, mai favorabile obținerii unor rezultate mai bune.

Defectele longitudinale sunt depistate prin transmiterea ultrasunetelor în direcții circumferențiale.

Defectele transversale sunt depistate prin înclinarea corespunzătoare a traductorilor față de axa țevilor.

În urma efectuării unor examinări în baza acestor metode, sunt identificate diferite defecte. Pentru remanierea sau rebutarea pieselor care prezintă astfel de neconformități, se întocmește un Raport de neconformitate, care va avea atașate toate aceste buletine din care reies nerespectarea criteriilor de examinare.

#### *2.6.4. Studiu de caz*

In tabelul 2.1., de mai jos, sunt indicate cerințele pentru direcțiile de examinare și tipurile de traductori care trebuie utilizati pentru diferite tipuri de piese forjate, conform standardelor în vigoare [102],[103].

*Tabelul 2.1. Tipuri de traductori utilizați pentru diferite tipuri de piese forjate*

Nr.crt.	Configurația forjatului	Examinarea cu traductor normal cu unde longitudinale	Examinarea cu traductor unghiular	Traductori
1.	Bare	Rectangular	-	B2S pentru $D \geq 254$ mm
1.1.	Bare rotunde		-	MB2S pentru $D \leq 254$ mm
1.2.	Bare rectangulare	Pe suprafețele adiacente	-	B2S pentru $T > 254$ mm MB2S pentru $T \leq 254$ mm
1.3.	Bare cu mai mult de 4 laturi (hexagonale, octogonale)	De pe toate suprafețele	-	
2.	Inele, discuri, cilindri	<ul style="list-style-type: none"> <li>- radial;</li> <li>- axial de pe una dintre fețele inelelor și a discurilor;</li> <li>- axial de pe ambele fețe ale cilindrilor dacă la examinarea din direcție radială au fost găsite indicații înregistrabile.</li> </ul>	-	B2S pentru $D > 254$ mm $T > 127$ mm MB2S pentru $D \leq 254$ mm $T \leq 127$ mm
3.	Arbori	<ul style="list-style-type: none"> <li>- radial;</li> <li>- axial de pe ambele fețe ale cilindrilor dacă la examinarea din direcția radială au fost gasite indicații înregistrabile.</li> </ul>	- -	6,4x25,4 mm- 2,25 MHz pentru $D > 254$ mm, orientat paralel cu axa longitudinala a forjatului sau BS2; MB2S pentru $D \leq 254$ mm

#### **2.7. CONCLUZII**

Comparând metodele de control nedistructiv utilizate în procesul de fabricație al echipamentelor energetice, prezentate în cadrul acestui capitol, concluzionez următoarele:

- Cea mai utilizată metodă de control este cea optico- vizuală. Aceasta însăștește oricare dintre celelalte metode redate;

- Controlul dimensional poate fi realizat cu ajutorul unor mijloace de măsurare moderne integrate în sisteme IT;
- Examinarea cu ultrasunete este mai precă decât examinările cu lichide penetrante, respectiv pulberi magnetice, deoarece pune în evidență aproape toate tipurile de discontinuități atât din imediata apropiere a suprafeței, cât și din profunzimea materialului, spre deosebire de celelalte două metode: LP și PM, care pun în evidență doar defectele de la suprafață și din imediata vecinătate a acestea. Mai mult chiar, examinarea cu ultrasunete permite localizarea defectelor în raport cu suprafața de examinare; posibilități de estimare a formei acestora.
- În figura 2.32. este reprezentat grafic numărul de piese controlate cu LP, PM și US, pe parcursul a doi ani, în cadrul unei organizații producătoare de echipamente energetice. Se poate observa că a fost folosită cu preponderență, metoda de control cu PM. Această alegere a fost făcută în baza următoarelor considerente:
  - posibilitatea identificării pe parcursul operațiilor de prelucrare, a unor: fisuri, suprapunerii, defecte de laminare, incluziuni nemetalice, pe suprafața piesei examineate sau în imediata vecinătate a suprafeței (de cele mai multe ori semifabricatul este controlat cu US înainte de începerea prelucrarilor și cu PM ori de câte ori este nevoie, deci posibilitatea existenței unor defecte de material în profunzimea lui, este eliminată).
  - timpul de examinare este mai redus în cazul acestui tip de control, comparativ cu examinarea US;
  - oferă posibilitatea identificării unor defecte de material în imediata vecinătate a suprafeței, spre deosebire de examinarea cu LP, ce nu prezintă această particularitate.

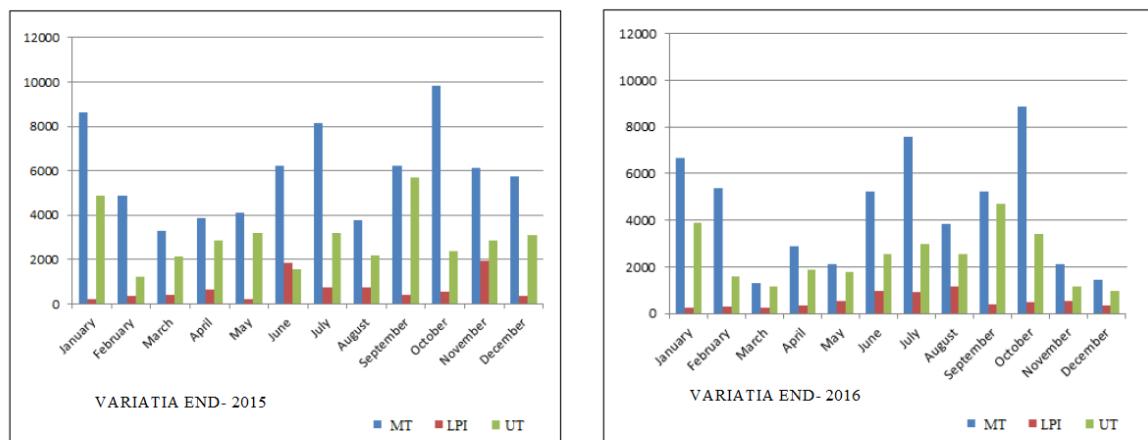


Fig.2.32. Variația controalelor END

## CAPITOLUL 3:

### ANALIZA MODULUI DE TRATARE A NECONFORMITĂȚILOR APĂRUTE ÎN PROCESUL DE PRODUCȚIE AL ECHIPAMENTELOR ENERGETICE

#### 3.1. NOTIUNI INTRODUCTIVE

Prezentul capitol are drept scop analiza modului de tratare a neconformităților apărute în procesul de fabricație a componentelor de turbine, generatoare și compresoare utilizate în industria energetică. Pentru asta este necesară identificare și codarea cauzelor generatoare de apariția defectelor și clasificarea tipurilor de neconformități întâlnite pe parcursul procesului de fabricație. Scopul prezentului studiu este de reda modul realizării unor centralizări, necesare pentru prevenirea noncalității.

*Neconformitatea* reprezintă o deficiență în caracteristici sau documentație, care face calitatea unui produs sau a unui serviciu neacceptabilă, nedeterminată sau înfără cerințelor specificate [91],[92].

Analiza conformității se efectuează periodic: lunar, trimestrial, anual, fiind comparată cu rezultatele perioadelor similare, anterioare. Acest proces stă la baza stabilirii măsurilor corective și/ sau preventive, necesare [65].

Fiecare societatea, prin entitățile implicate, planifică și dezvoltă procesele necesare realizării produselor contractate în conformitate cu documentația de proiectare constructivă și cerințele contractuale. Activitatea de planificare a realizării produsului începe încă din etapa de analiză a cerințelor clientului, exprimate prin cereri de ofertă, propuneri de contracte. Datele de ieșire ale analizei cerințelor clientului determină obiectivele calității, cerințele pentru produs, precum și procesele, documentele și resursele specifice realizării produsului, exprimate prin Planul Calității Ofertare– QPC și documentația tehnologică. Prin punerea la dispoziție a planurilor de verificare la recepție, pe baza unor strategii de riscuri cunoscute și acceptate de către toate entitățile implicate în procesul de producție, astfel încât să se asigure livrarea către beneficiar, a calității stabilite contractual [82], [79].

Planul calității– QP, este utilizat pentru a ține sub control efectuarea verificărilor pentru activitățile desfășurate și pentru a furniza înregistrări privitoare la îndeplinirea acestora, cerințele sale sunt dezvoltate încă din fazele de început ale activităților de realizare, identificând succesiunea pașilor inspecțiilor și testelor necesare, pentru a demonstra îndeplinirea cerințelor, mijloacele prin care acestea sunt verificate și criteriile de acceptare, astfel încât să se poată demonstra permanent, ținerea sub control a verificărilor efectuate și a înregistrărilor emise [91].

Înregistrările sunt necesare pentru a furniza dovezi că procesele de realizare și produsul rezultat satisfac cerințele, în conformitate cu documentația tehnologică, documentația de proiectare constructivă și cerințele clientului [65].

### **3.2. RAPORTUL DE NECONFORMITATE**

#### *3.2.1. Deschiderea raportului de neconformitate*

Organizația trebuie să se asigure ca produsul care nu este conform cu cerințele este identificat și tinut sub control, pentru a preveni utilizarea sau livrarea neintenționată [92].

Analiza modului de tratare a neconformităților se va face pornind de la metodologia de identificare, înregistrare, completare, difuzare, circulație, urmărire și soluționare a Rapoartelor de Neconformitate – RN emise ca urmare a neconformităților la produse și servicii.

Personalul de control care identifică neconformitatea și initiază RN trebuie să cunoască domeniul și gama de produse aflate în fabricație precum și tipul de neconformități posibile [65].

Personalul de execuție, la constatarea unei neconformități, oprește imediat (dacă este posibil) execuția reperului și anunță conducatorul locului de muncă și personalul serviciului/departamentului CTC, pentru analiza neconformității și întocmirea RN [31].

Aceste RN-uri sunt înaintate Comisiei de Analiza a Neconformităților a cărei compoziție și competență este stabilită pe baza unei decizii interne, conform cerințelor Sistemului de Management Integrat [93]. Analiza și soluționarea RN- urilor reprezintă un proces amplu, care implică personalul de conducere; datorate fiind atât costurile generate de eliminarea neconformității, cât și necesitatea obținerii unui aprobări/ derogații.

Dacă se constată că neconformitatea este dată de o defecțiune a mașinilor sau a utilajelor utilizate la obținerea produsului, atunci activitatea acesteia va fi oprită imediat, impunându-se recondiționarea și repararea [34].

Pentru identificarea și urmărirea produsului neconform, este necesară înregistrarea datelor acestuia din documentația tehnologică, a marcajul existent pe piesă și a codurilor din:

- lista codurilor cauzelor neconformităților,
- lista codurilor defectelor,
- lista codurilor locurilor de muncă;
- lista codurilor mașinilor existente în cadrul societății.

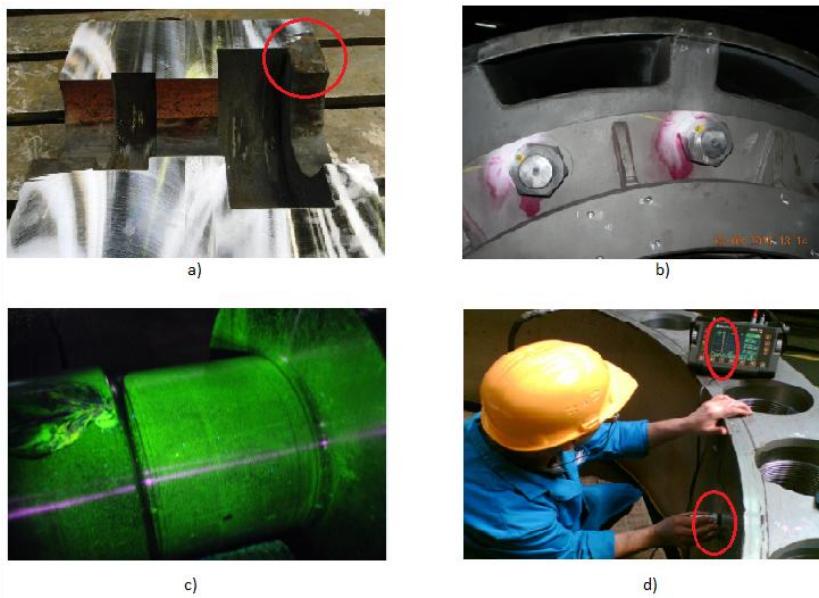
Stabilirea cauzei și a codului de defect care a generat neconformitatea este efectuată de controlorul din cadrul secției de execuție în care a fost constată neconformitatea.

Diagrama flux a procesului « Controlul Neconformităților » este redată în Anexa 1.

#### *3.2.1.1. Documente însoțitoare a raportului de neconformitate*

Pentru abaterile dimensionale se întocmesc fișe de măsurători, schițe, pașapoarte, care se anexează la RN și sunt menționate în cadrul acestuia [31].

Pentru abateri identificate prin control vizual, END, vezi Fig.3.1, analiza chimică, încercări mecanice, probe hidraulice sau pneumatice etc., vezi Fig.3.2, înregistrările emise : Buletine de încercare, foto în cazul în care defectele sunt vizibile, se anexează la RN, fiind menționate, de asemenea în cadrul acestuia.



*Fig. 3.1. Neconformități identificate în urma controlelor:*  
a) vizual; b) lichide penetrante; c) pulberi magnetice; d) ultrasunete



*Fig. 3.2. Neconformități identificate în urma:*  
a) încercări la duritate Brinell; b) încercări la etanșeitate (proba pneumatică)

După înregistrarea datelor de identificare a neconformității și descrierea acesteia în RN, serviciul/ departamentul C.T.C. - stabilește dacă neconformitatea constatătă este repetabilă pentru a iniția acțiuni corective în vederea prevenirii reapariției unor neconformități similare.

Încadrarea neconformității se face de către tehnologul de produs astfel:

- rebut ;
- reparație/ reprelucrare - se poate reduce în cerințele proiectului (se descrie soluția) ;
- acceptare fară modificări - nu se mai pot respecta cerințele proiectului ;
- acceptare condiționată - se descrie condiționarea impusă.

Completarea capitolelor și circulația RN se efectuează în funcție de încadrarea neconformității, după cum urmează:

a) *Pentru produs neconform cu soluția "rebut"*

Pentru produsele rebutate, se va opera în evidențele financiare, costurile generate de neconformitate, iar secția de producție acționează pentru transferarea produsului în magazia de rebuturi (dacă produsul nu este agabaritic).

b) *Pentru produsul neconform care poate fi adus în cerințele proiectului, prin reparație/ reprelucrare*

În urma analizării RN-ului de către Comisie, tehnologul de produs va lansa un număr de operații suplimentare pentru remanierea produsului neconform, operații încheiate întotdeauna cu o operație de control, în urma cărora, produsul poate să urmeze în continuare fluxul de fabricație

sau poate fi rebutat, în funcție de rezultatul acestui control.

- c) *Pentru produsul neconform care se promovează cu abaterile constatate (acceptare condiționată sau acceptare fără modificări)*

Există situații când neconformitatea nu mai poate fi înălțaturată, în mod special în cazul produselor agabaritice, iar costurile de rebutare a acestora ar fi extrem de mari. În aceste situații se întocmește o Cerere de Derogare, în urma unei analize meticuloase a proiectului, cerere care va fi aprobată de Comisia de Analiză și care va ajunge într-un final la client pentru accept.

În baza acestei Cereri de Derogare va fi închis și Raportul de neconformitate.

### 3.2.2. Închiderea neconformității

În urma analizei înregistrărilor anexe la RN și a strategiei firmei pentru reducerea și prevenirea apariției neconformităților, Coordonatorul Comisiei de Analiză a Neconformităților înscrie observațiile necesare pentru îmbunătățirea procesului. Avizul acestuia, la închiderea RN-ului atestă faptul că toate comportamentele implicate în analiza și rezolvarea neconformității și-au rezolvat sarcinile specifice [31].

După închiderea RN-ului acesta este analizat de către Comisia de analiză a neconformităților; RN-ul poate fi analizat și pe parcursul rezolvării neconformității, de către diversele comportamente implicate în soluționare.

## 3.3. STUDIU DE CAZ

În Tabelul 3.1 este redat un model de codificare a cauzelor generatoare de defecte.

*Tabelul 3.1. Codificarea cauzelor generatoare de defecte*

Cod	Cauza generatoare de defecte	Descrierea cauzei
		1
01	<i>Planificarea execuției</i>	Procesul de elaborare a planului de fabricație este necorespunzător, ceea ce are drept consecință eroare în fișa tehnologică, schema tehnologică, fișa de lucru sau instrucțiunile de lucru; lipsa documentației de execuție.
02	<i>Comunicarea</i>	Prezentarea necorespunzătoare a informației, fie că este vorba de cea vorbită sau de cea scrisă.
03	<i>Documentație tehnică necorespunzătoare</i>	Stil de desen tehnic necorespunzător, fără respectarea standardelor sau normelor tehnice; documentație neactualizată; documentație neadecvată fluxului tehnologic și cerințelor produsului.
04	<i>Parametrii operației tehnologice</i>	Parametrii de lucru (viteza, turăție, avans, adâncime de aschiere etc.) nu sunt definiți, supravegheati sau măsurati; nerespectarea parametrilor de lucru din cerințele tehnice stabilite. Pentru procesele speciale nerespectarea parametrilor indicați (tensiune, curent, temperatură, timp, utilaje, monitorizare etc.) și / sau a fazelor de execuție și control interoperațional.
05	<i>Procesul tehnologic</i>	Capacitatea tehnologică (capabilitatea) nu este în stare să genereze produsul conform desen sau documentație; neadaptarea acestuia la cerințele specificate pentru produs; necorelare fișa tehnologică cu planul de calitate; nerespectarea cerințelor din contract.

<i>Tabelul 3.1. Codificarea cauzelor generatoare de defecte- continuare</i>		
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
06	<i>Scule aschietoare</i>	Eroare cauzată de scula aschietoare care se rupe, se fisurează, prezintă abateri față de axele de prelucrare, este incorrect ascuțită, este utilizată peste durata de folosire între două ascuțiri etc.; lipsa sculelor aschietoare indicate în documentația de execuție.
07	<i>Mașina unealtă</i>	Parametrii de lucru ce nu asigură condițiile impuse produsului; prezintă defecțiuni neprevazute în timpul execuției, cu sistem de masură/ comandă numerică întreținut necorespunzător sau inadecvat produsului de executat.
08	<i>Dispozitive de prindere sau de fixare</i>	Necorespunzător alese/ neîntreținute sau deteriorate.
09	<i>Sisteme și aparate de măsură</i>	Măsurători eronate datorate lipsei de întreținere, unei exploatari necorespunzătoare sau unei etalonări/ verificări eronate.
10	<i>Proprietăți electrice</i>	Parametrii electrici ai produsului sunt necorespunzători față de cerințele impuse.
11	<i>Decizii de management</i>	Erori cauzate de operații omise, de o programare/ ordonare/ alegere tehnologică necorespunzătoare sau datorate unei decizii ce se abate de la indicațiile documentației de execuție și/ sau control sau alte cerințe specificate.
12	<i>Forța majoră</i>	Erori cauzate de incendiu, cădere de tensiune sau alți factori neprevăzuți. Este exclusă eroarea umană.
13	<i>Factori climatici</i>	Erori cauzate de execuție la temperaturi scăzute / ridicate, umiditate, iluminare necorespunzătoare sau în exces, zgomot etc.
14	<i>Depozitare (include și repere pe stoc)</i>	Depozitare sau conservare necorespunzătoare (rugina, defecte de suprafață, fisuri, deformări, controale nedistructive ulterioare etc.); dispariția marajelor de identificare datorită condițiilor improprii de stocare. Nerespectarea duratei de protecție a materialelor aplicate, neefectuarea inspecției periodice a protecțiilor efectuate înaintea și în timpul depozitării.
15	<i>Pregătire/ calificare</i>	Personal incomplet sau necorespunzător calificat pentru execuția operațiilor planificate; neinstruit corespunzător pentru activitatea curentă.
16	<i>Eroare umană</i>	Nu s-a respectat documentația de execuție, instrucțiunile sau procedurile tehnice pentru procesele aferente, s-a lucrat fără atenție sau orice abateri ale personalului de la cerințele specificate, care generează neconformități.
17	<i>Manevrare/ Ambalare/ Conservare</i>	Eroare provocată printr-o manevră, ambalare și/ sau conservare necorespunzătoare (la produsele ce vor fi livrate).
18	<i>Controlul documentelor</i>	Distribuție, circulație și reținere necorespunzătoare a tehnologiilor, instrucțiunilor, procedurilor, desenelor și altor documente sau lipsa documentelor de calitate necesare pentru produsele executate.

*Tabelul 3.1. Codificarea cauzelor generatoare de defecte- continuare*

0	1	2
19	<i>Controlul furnizorilor</i>	Nerespectarea procedurii de alegere, aprobată, calificare și supraveghere a furnizorilor = vicii ascunse ale materialului; defecte aparute în urma procesului tehnologic de elaborare și tratare a materialului (turnare, forjare, laminare, măritare etc). Include și defecte asupra produselor livrate care necesită remanieri/ reprelucrari ulterioare în cadrul societății.
20	<i>Înlocuirea de material</i>	Materialul impus de documentație nu este disponibil sau nu corespunde condițiilor impuse.
21	<i>Modificare de proiect</i>	Modificare de proiect solicitată de client pentru reducerea costurilor, îmbunătățirea proiectului și/ sau reducerea ciclului de fabricație, dar care se dovedește ineficace. Modificări solicitate de furnizor în vederea adaptării produsului la tehnologia existentă.
22	<i>Probleme cauzate de client</i>	Defecte existente la repere, subansamble sau materiale care au fost puse la dispoziție de client și neincluse în Procesul Verbal de Constatare sau în înregistrările de calitate însoritoare (inclusiv viciile ascunse ale acestora).
23	<i>Procese speciale</i>	Sudare, tratamente termice, termostabilizare, fluaj, vopsire/ acoperiri de protecție etc., care nu corespund cerințelor stabilită sau care nu conduc la obținerea cerințelor impuse pentru produs.
24	<i>Produs nerecepționat</i>	Produs introdus în procesul de execuție fără a i se face recepția calitativă.
25	<i>Asigurare resurse</i>	Lipsa SDV indicate în documentație; lipsa dispozitivelor de măsurare și monitorizare; lipsa consumabile (ulei, emulsii etc.), lipsa de echipamente necesare suportului tehnologic; resurse umane neadecvate.
26	<i>Prestație client</i>	Include neconformități la produse executate de firme, dar care se datorează colaborării dintre acesta și client, prin efectuarea unor lucrări direct de către client la sediul firmei.

În Tabelul 3.2 este redat un model de codificare defectelor. Pentru această codificare defectele sunt clasificate în 8 clase, în funcție de operația în cadrul căreia au apărut, astfel :

- defecte de proiectare constructivă ;
- defecte de proiectare tehnologică ;
- defecte de prelucrare ;
- defecte de montaj;
- defecte datorate proceselor speciale;
- defecte de material;
- defecte de semifabricat și abateri la reperele sosite de la client/ furnizor ;
- defecte de verificare și control ;
- defecte de depozitare și mediu.

Distincția dintre conceptele de defect și neconformitate este foarte importantă, deoarece aceasta are conotații legale, în special cele asociate problemelor referitoare la răspunderea juridică pentru produs. În consecință, termenul “defect” ar trebui utilizat cu extremă prudență [92].

*Tabelul 3.2. Codificarea cauzelor generatoare de defecte*

<i>Cod</i>	<i>Clasa de defecte</i>	<i>Defect</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<b>A.</b>	<i>Defecte de proiectare constructivă</i>	1. Specificație incorectă sau incompletă ; 2. Material specificat incorect sau incomplet ; 3. Solicitarea în documentație a unei tehnologii specifice necorespunzatoare ; 4. Component al produsului specificat necorespunzator ; 5. Proceduri și aplicații specificate necorespunzator ; 6. Detaliu de desen necorespunzator; 7. Specificare dimensională incorectă; 8. Nespecificarea în desene a abaterilor de forma și poziție; 9. Repere identificate necorespunzator în proiect; 10. Conflict de specificații în desen; 11. Cerințe de documentare de proiect necorespunzatoare ; 12. Adaptare eronată sau neadaptarea documentației externe.
<b>B.</b>	<i>Defecte de proiectare tehnologică</i>	1. Material specificat incorect sau incomplet; 2. Dimensiune specificată necorespunzator; 3. Proceduri și aplicații specificate necorespunzător; 4. Detaliu de schiță necorespunzător; 5. Nespecificarea în schițe a abaterilor de forma și poziție; 6. Alegerea necorespunzatoare a mașinii-unei; 7. Alegerea greșită a bazării și prinderii piesei în dispozitiv; 8. Alegerea greșită a bazării și prinderii piesei pe mașina-unealtă ; 9. Indicarea necorespunzatoare a sculelor aschietoare; 10. Indicarea necorespunzatoare a mijloacelor de măsurare; 11. Neindicarea sau indicarea greșită a regimurilor de aschiere; 12. Nespecificarea în documentația tehnologică a tuturor cerințelor din documentația constructivă ; 14. Specificarea în documentația tehnologică a unor documente care nu sunt la îndemâna executantului în mod permanent.
<b>C.</b>	<i>Defecte de prelucrare</i>	1. Abateri dimensionale; 2. Abateri de forma ; 3. Abateri de pozitie ; 4. Abateri de centraj ; 5. Rugozitate necorespunzatoare ; 6. Gaura necorespunzatoare ; 7. Intrare de sculă pe suprafața prelucrată ; 8. Urme de zgârieturi, rizuri și/ sau lovitură pe suprafața prelucrată ; 9. Gaura filetată cu rizuri pe spire, spire rupte, spire incomplete sau suprapuse ; 10. Gaura lipsă sau executată în plus ; 11. Gaura/ găuri din grila executată deplasat ; 12. Adaos de prelucrare insuficient ; 13. Utilizarea de dispozitive necorespunzatoare ; 14. Utilizarea de scule necorespunzatoare ; 15. Utilizarea unei mașini - unele necorespunzatoare ; 16. Suprafețe realizate în trepte ;

<i>Tabelul 3.2. Codificarea cauzelor generatoare de defecte- continuare</i>		
0	1	2
C.		17. Adaos de material insuficient pentru operația de finisare ; 18. Debitare gresită; 19. Debavurare necorespunzatoare.
D.	<i>Defecte de montaj</i>	1. Reper neasamblat sau omis; 2. Montaj necorespunzator; 3. Montaj realizat fără acuratețe; 4. Jocuri de montaj neconforme ; 5. Nerespectarea condițiilor procedurale de probă ; 6. Gripare, rizuri, zgirieturi datorate montajului necorespunzător; 7. Introdus un numar de palete în plus la operația de paletare.
E.	<i>Defecte datorate proceselor speciale</i>	1. Deformarea produsului; 2. Grosime de strat depus/ existent necorespunzătoare ; 3. Caracteristicile fizico-chimice ale stratului depus/ existent necorespunzătoare; 4. Fisuri superficiale; 5. Fisuri în profunzimea materialului; 6. Lipsa aderență, dezlipirea compozиie; 7. Incluziuni în sudură; 8. Arsuri marginale, arderea materialului de bază ; 9. Stare necorespunzătoare a suprafățelor brute (turnate, forjate); 10. Utilizarea de materiale cu termen de garanție depășit ; 11. Utilizarea de materiale inadecvate ; 12. Defecte apărute în procesul de fabricație (termostabilizare, fluaj etc.), altele decât cele specificate ; 13. Forma sau poziția cordonului de sudură necorespunzător documentației ; 14. Pori, goluri, sufluri, retușuri, sănțuri marginale, suprapunerii, arsuri ; 15. Lac necorespunzator pentru izolații electrice; 16. Lăcuire necorespunzătoare, strat neuniform; 17. Pregătirea suprafățelor necorespunzătoare: sablare în afara gradului de sablare indicat; degresare incompletă sau necorespunzătoare; prezența urmelor de oxizi sau rugină pe suprafețele sablate; 18. Aderență necorespunzătoare a acoperirii cu materiale peliculogene; 19. Aderență necorespunzătoare a acoperirilor metalice; 20. Grosime neuniformă a acoperirilor de protecție sau metalice (sub/ peste limitele impuse) ; 21. Acoperiri anticorozive necorespunzătoare la controlul vizual; 22. Ambalare necorespunzătoare (folosirea altor materiale decât cele specificate în documentația aplicabilă) ; 23. Conservare realizată cu materiale peliculogene în afara termenului de garanție al furnizorului și fără recertificare ; 24. Conservare realizată cu alte materiale decât cele indicate în documentația aplicabilă ;

Tabelul 3.2. Codificarea cauzelor generatoare de defecte- continuare		
0	1	2
E.		25. Utilizarea sârmei, fluxului sau electrozilor cu perioada de garanție depășită și fără rectificare.
F.	<i>Defecte de material</i>	1. Certificat de material neconform (incomplet); 2. Abateri de la analiză chimică specificată ; 3. Abateri ale caracteristicilor mecanice specificate; 4. Sufluri, incluziuni, goluri, fisuri, suprapunerii, pori (evidențiate cu controale END); 5. Tratament termic specificat aplicat necorespunzător.
G.	<i>Defecte de semifabricat și abateri la reperele sosite de la client/furnizor</i>	1. Suprafața cu denivelări, lovituri, zgirieturi; 2. Abateri dimensionale a suprafețelor ce rămân brute ; 3. Concentricitate neconformă ; 4. Lipsa bosaje, nervuri sau amplasare necorespunzătoare a acestora ; 5. Abateri dimensionale, defecte de material și subansamblu incomplete sosite de la client / furnizor ; 6. Macrostructura și granulație necorespunzătoare ; 7. Acoperiri de protecție sau metalice necorespunzătoare ; 8. Abateri de la tratamentul termic specificat ; 9. Material îmbătrânit (cu durata de viață depășită sau aflat la limita tehnologică/ elaborat după standarde vechi – se folosește pentru produse puse la dispoziție de client în cadrul reparațiilor) ; 10. Defekte de material evidențiate ulterior recepției (vicii ascunse). Include abateri de la caracteristicile fizico-chimice precum și defecte evidențiate în urma controalelor nedistructive ulterioare.
H.	<i>Defecte de verificare și control</i>	1.Folosirea unui instrument de măsura și verificare decalibrat ; 2.Folosirea unui instrument de măsura și verificare inadecvat ; 3.Eroare de citire sau interpretare a indicației instrumentului de măsura și control ; 4. Înscriere eronată în documente a valorilor măsurate ; 5. Lipsa înregistrărilor de calitate pentru produse ; 6. Lipsa controlului dimensional sau vizual ; 7. Lipsa controlului nedistructiv.
I.	<i>Defecte de depozitare și mediu</i>	1. Deprecierea suprafețelor datorită depozitării în spații necorespunzătoare conform cerințelor din documentație ; 2. Deprecierea suprafețelor datorită expirării termenului de garanție al protecției ; 3.Păstrarea în condiții necorespunzătoare a fluxului, sârmei sau electrozilor.

### 3.4. CONCLUZII

Codarea neconformităților dă posibilitatea de a fi clasificate în orice moment, având astfel următoarele avantaje :

- intervenirea asupra proceselor, în timp util, prin instruirea suplimentară a personalului;
- luarea unor măsuri suplimentare de precauție : Pokayoke [33] ;
- obținerea de date pentru efectuarea unor analize FMEA, Arborele de defectare[82];
- diminuarea costurilor noncalității .

## CAPITOLUL 4:

### CERCETĂRI EXPERIMENTALE PRIVIND CORELAȚIA SMC- NECONFORMITĂȚI ÎN INDUSTRIA ENERGETICĂ

#### 4.1. NOTIUNI INTRODUCTIVE

În conformitate cu prevederile SR EN ISO 9001/2015, cu Manualul Sistemului de Management Integrat al organizației și cu procedurile specifice, reprezentanți departamentelor implicate în procese măsurabile, vor realiza un raport lunar în acest sens. Astfel, vor fi efectuate: măsurarea satisfacției clientului; monitorizarea și măsurarea proceselor; monitorizarea și măsurarea produsului [92],[104].

Prin prezentul studiu este prezentat modul de tratare a cauzelor generatoare de apariția unor defecte și a tipurilor de neconformități întâlnite pe parcursul procesului de fabricație, cu scopul de a reda modul realizării unor centralizări, necesare pentru prevenirea noncalității.

Analiza se efectuează periodic: lunar, trimestrial, anual, fiind comparată cu rezultatele perioadelor similare, anterioare. Acest proces stă la baza stabilirii măsurilor corective/ preventive necesare.

#### 4.2. ANALIZA LUNARĂ A NECONFORMITĂȚILOR

Metodele utilizate de nivelurile de management pentru măsurarea și monitorizarea proceselor sunt: supravegherea, observarea permanentă a proceselor, activităților pe care le coordonează, analiza proceselor, analiza documentelor și înregistrările rezultate din procese.

În cadrul organizației, se centralizează lunar, toate datele cu privire la neconformitățile apărute în acea perioada de timp, în cadrul Raportului de monitorizare, măsurare și analiză a procesului [92], [93].

Centralizarea conține următoarele date, pentru RN-urile deschise în acea lună:

- număr RN;
- dată deschidere RN;
- cod cauză;
- cod defect;
- denumire reper;
- număr comandă;
- descriere neconformitate;
- descriere cauze apariție neconformității;
- propuneri de soluționare a neconformității.

Pentru RN-urile închise în luna respectivă, înfăra datelor de identificare ( număr RN; data deschidere RN; cod cauză; cod defect; denumire reper; număr comandă), se vor specifica:

- soluționarea neconformității: remaniere sau rebutare piesă [34],[42];
- numărul derogării, acolo unde este cazul;
- cheltuielile generate de apariția neconformității;
- vinovatul;
- data închiderii RN- ului.

Scopul acestei monitorizări este de a stabili în baza unei analize a obiectivelor procesului, oportunitățile de îmbunătățire. În cadrul unei organizații din industria producătoare de echipamente energetice, unde producția este de serie mică/ unicat, oricând o neconformitate poate genera un dezechilibru finanțiar major.

O astfel de analiză lunară a neconformităților este redată în tabelul 4.1.

*Tabelul 4.1. Rezultate experimentale*

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
1.	01/ 04.01.16	Butuc paletă Kaplan nr.1 (prelucrare semifabricat client)	22	C4	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		În urma centrării paletei pe pista frontală, s-a constatat că suprafața de centrat radială prezintă următoarele abateri: 0 la 0°, pe muchia de intrare; 9 mm la 90°; 5,2 mm la 180°, pe muchia de ieșire și 2,7 mm la 270°.				
<i>Prezentare cauză</i>		Cauza apariției neconformității este încadrarea eronată a piesei finite în semifabricat, acesta fiind facută în etapa anterioară, ce s-a desfășurat în cadrul altei organizații.				
<i>Soluționare</i>		Piesa se acceptă ca atare, clientul obținând aprobarea clientului său final, în baza Cererii de derogare DDR Nr.2/ 30.01.16.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Comunicarea clientului, înainte de începerea unei noi operații de prelucrare, introducerea, după caz, a unor noi puncte de inspecție intermediara, în QP.				



*Fig.4.1. Butuc paletă Kaplan nr.1- semifabricat*

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
2.	02/ 04.01.16	Rotor monobloc (prelucrare semifabricat client)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		La reîncadrarea piesei finale în semifabricat, s-a constatat că lungimea găurii axiale 1345 mm, va rezulta de 1190 mm, diametrul găurii fiind executat corect, conform documentație: Ø76mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		Cauza apariției neconformității se datorează faptului că nu s-a ținut cont de adaosul existent pe capătul rotorului.				
<i>Soluționare</i>		Verificarea și marcarea adaosurilor pentru eliminarea confuziilor.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Instruirea personalului.				



*Fig.4.2. Rotor monobloc- semifabricat*

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
3.	03/ 05.01.16	Bowl (prelucrare semifabricat client)	16	C7	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Piesa prezintă o intrare de sculă pe flancul înclinat al filetului, aparută la operația de frezare- ieșire filet.				
<i>Prezentare cauză</i>		Cauza apariției este blocarea mașinii și deplasarea acestora doar după o singură axă, nu după cele două axe, cum a funcționat în mod normal, până atunci.				
<i>Soluționare</i>		Ajustarea muchiilor și acceptarea ca atare, în baza Cererii de derogare DDR Nr.1/ 22.01.16. Piesa a fost inspectată cu LP, pe zonele ajustate și pe suprafetele adiacente acestora.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Achiziționarea unor sisteme de iluminat suplimentare.				



Fig.4.3. Bowl- intrare de sculă

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
4.	04/ 06.01.16	Butuc paletă Kaplan nr.2 (prelucrare semifabricat client)	16	C5	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Rugozitatea de $1,6\mu\text{m}$ , pe diametrul $\varnothing 1470 \text{ e}6 \text{ mm}$ , conform desenului de execuție, a fost realizată de $2,13 \div 2,71 \mu\text{m}$ , iar diametrul între $\varnothing 1469,72 \div 1469,74 \text{ mm}$ .				
<i>Prezentare cauză</i>		Cauza apariției este lipsa unei operații de şlefuire.				
<i>Soluționare</i>		Revizia tehnologiei și lustruire imediată a suprafetei, fară afectarea diametrul, se acceptă minim $\varnothing 1469,70 \text{ mm}$ , în baza Cererii de derogare DDR Nr.3/ 30.01.16.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Instruirea personalului.				



Fig.4.4. Butuc paletă Kaplan nr.2- semifabricat

*Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare*

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
5.	05/ 06.01.16	<i>Portlabirint piston</i> (Reparație/ Recondiționare)	5	G5	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>	La operația strunjire de finisare au apărut pori în materialul compozit turnat pe aceasta suprafață, iar cota de Ø445 mm a fost realizată de Ø451,6 mm.					
<i>Prezentare cauză</i>	Cauza apariției este lipsa verificării tehnologiei, eroare umană.					
<i>Soluționare</i>	Returnarea de material compozit și repetarea operației.					
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Instruirea personalului.					
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
6.	06/ 06.01.16	<i>Butuc paletă Kaplan nr.3</i> (prelucrare semifabricat client)	21	C7	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>	La cererea clientului s-a realizat un decalaj față de axa piesei, pentru găurile de Ø117 mm, fapt ce a generat 7 intrări de sculă pe un arc de 170°, având lățime de până la 12,82 mm și adâncime de maxim 0,5 mm.					
<i>Prezentare cauză</i>	Cauza apariției este anularea cerinței de către client, după începerea operației respective de prelucrare.					
<i>Soluționare</i>	Piesa a fost acceptată ca atare, în baza DDR Nr.4/ 30.01.16.					
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Simulare, fară scula aschietoare, înainte de începerea unei astfel de operații.					



*Fig.4.5. Butuc paletă Kaplan nr.3*

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
7.	07/ 07.01.16	<i>Portpaletă IP</i> (Reparație/ Recondiționare)	16	C4	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>	Cota de 10 <sub>-0,04</sub> mm de la toate cele 6 canale, a fost realizată la 9,83÷ 9,84 mm.					
<i>Prezentare cauză</i>	Cauza apariției este dată de operatorul care a măsurat cu micrometrul fară să țină seama că suprafața tijei instrumentului de măsura este plană, iar suprafața prelucrată este cilindrică.					
<i>Soluționare</i>	Soluția proiectantului este următoarea: pentru 4 dintre trepte, paletele vor avea adaos compensator la montajul în canal.					
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Folosirea calibrelor pentru verificare pe parcursul operației de prelucrare a canalelor.					

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut						
8.	08/ 08.01.16	Cutie lagăr spate (prelucrare semifabricat client)	16	C9	x	-						
Descriere neconformitate	Pe una dintre cele 2 găurile filetate M30, intră calibrul, partea "nu trece", pe toata lungimea filetelui.											
Prezentare cauză	Cauza apariției este dată de folosirea unei scule inadecvate, eroare umană.											
Soluționare	Soluție proiectant: majorarea celor filete la M36 precum și majorarea prezoanelor și a piulișelor ce se regăsesc în ansamblu. De asemenei găurile de trecere din carcăsa superioară vor fi marcate și majorate la Ø39.											
Propuneri de îmbunătățire	Executarea unei găuri de probă înainte de prelucrarea pe piesă.											

Fig.4.6. Cutie lagăr spate

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
9.	09/ 11.01.16	Butuc paletă (prelucrare semifabricat client)	16	C1	x	-
Descriere neconformitate	Gaura "G3" din desenul de execuție, cota desen $\varnothing 210_{+0,115}$ mm a fost realizată la cota $\varnothing 210,56$ mm.					
Prezentare cauză	Cauza apariției este dată de suprafață greu accesibilă și folosirea unei scule inadecvate.					
Soluționare	Acceptare ca atare la cota $\varnothing 210,56$ mm, cu condiția execuției contrapiesei la dimensiunile găurii, în baza Cererii de derogare DDR Nr.5/ 01.02.16.					
Propuneri de îmbunătățire	Schimbarea modului de execuție, pentru acest tip de găuri.					
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
10.	10/ 11.01.16	Bucsa inferioară ventil (execuție)	19	F4	-	x
Descriere neconformitate	Pieselete prezintă defecțiuni (microfisuri) evidențiate la controlul cu LP, conform buletinului LP nr.67/ 2017.					
Prezentare cauză	Cauza apariției este alegerea unui semifabricat necorespunzător din stoc.					
Soluționare	Execuție alta piesă.					
Propuneri de îmbunătățire	Asigurarea unor semifabricate controlate nedistructiv.					

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
11.	11/ 11.01.16	Portlabirint piston superior (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Cota de canal 20 P9 <sub>-0,022/-0,074</sub> mm a fost realizată la 20,66 mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		În timpul prelucrării s-a slăbit scula și din cauza batăii acestee, canalul a rezultat la o cotă mai mare.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: contrapiesa, bolț de blocare vertical, va fi realizată în corespondență asigurând ajustajul din proiect, cu avizul proiectantului constructiv.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Instruirea suplimentară a operatorului, privind modalitatea de prindere și fixare a SDV-urilor, înaintea și în timpul operațiilor de prelucrare prin frezare.				

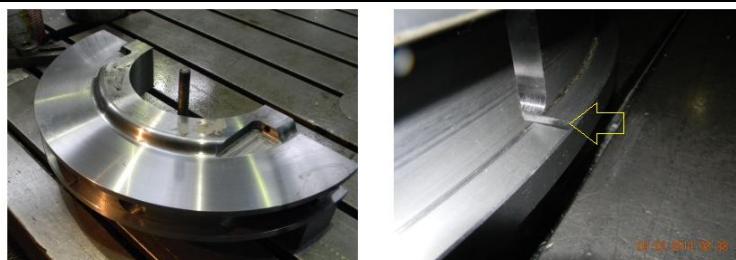


Fig.4.7. Portlabirint piston superior

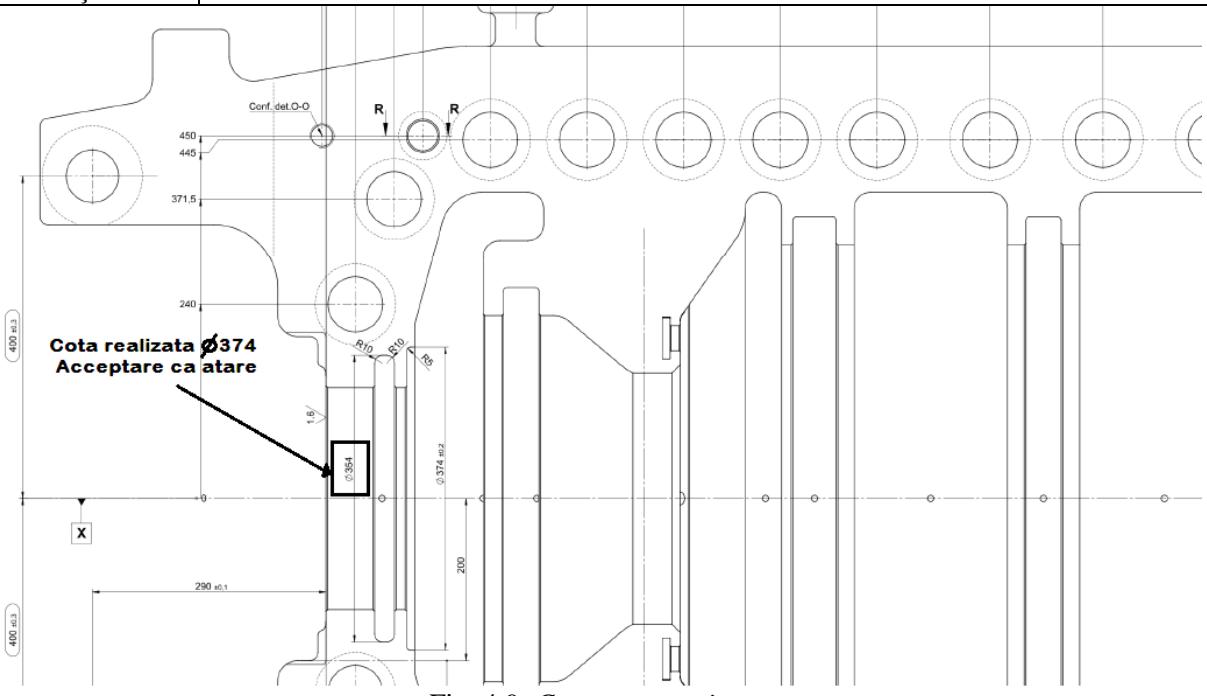
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
12.	12/ 11.01.16	Semicarcasa inferioară (execuție)	7	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Dupa operația de strunjire de finisare, carcasa prezintă abateri dimensionale ale cotelor de lungimi axiale.				
<i>Prezentare cauză</i>		Erori ale sistemului de masură a MU.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: atat semicarcasa superioară, cât și părțile statorice care se încastrează, se vor prelucra asimetric, astfel încât să fie realizate jocurile axiale de montaj.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Recalibrarea sistemului de masura a MU.				



Fig.4.8. Semicarcasa inferioara

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
13.	13/ 12.01.16	Carcasa superioara (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		După operația de strunjire, carcasa prezintă abateri dimensionale, întrucât, diametrul interior Ø354 mm, a fost realizat de Ø374 mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		Citirea eronată a cotei din desen.				
<i>Soluționare</i>		Promovare ca atare cu acceptul proiectantului, cota nu influențează rolul funcțional al ansamblului.				

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare

<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Instruirea personalului.					
 <p><b>Cota realizata Ø374 Acceptare ca atare</b></p>						
<p style="text-align: center;"><b>Fig. 4.9. Carcasa superioara</b></p>						
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
14.	14/ 12.01.16	<i>Manșon dințat</i> (execuție)	12	F4	-	x
<i>Descriere neconformitate</i>	Piesa a fost executată în colaborare, la controlul nedistructiv PM, efectuat la recepție, s-au constatat indicații liniare (piesa nu corespunde conform SR EN 10228-1 Clasa 4).					
<i>Prezentare cauză</i>	Semifabricat necorespunzător, prezintă vicii de material.					
<i>Soluționare</i>	Execuție altă piesă.					
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Asigurarea unor semifabricate controlate nedistructiv.					
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
15.	15/ 13.01.16	<i>Camera de distribuție inferioară</i> (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>	Cota de 170 0/-0,1 mm a fost realizată la 171,90 mm.					
<i>Prezentare cauză</i>	Eroare umană.					
<i>Soluționare</i>	Soluție proiectant: remaniere prin sudură. Se va reface adaosul de prelucrare prin depunere de material, după care se va reprelucra conform desen.					
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>	Introducere în tehnologie a unor schițe ajutătoare, pentru piesele cu adasuri tehnologice.					
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
16.	16/ 13.01.16	<i>Ansamblu rotor compresor</i> (reparatie)	16	D4	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>	Alezajul discului treapta 9, nu a fost prelucrat în concordanță cu cota arborelui. Prin urmare, nu a fost realizat ajustajul cu strângerea necesară 0,33- 0,37, cota arbore Ø130,27, cota alezaj Ø131,0.					
<i>Prezentare cauză</i>	Eroare umană.					

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare

<b>Soluționare</b>	Soluție proiectant: montare bucșă de compensare prin fretare, urmată de prelucrarea acesteia cu respectarea ajustajului din proiect.	
<b>Propuneri de îmbunătățire</b>	Instruirea personalului.	
		
		

Fig.4.10. Ansamblu rotor compresor

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
17.	17/ 14.01.16	<i>Suport ventil</i> (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		La gaura filetată M80x2, a celor 2 bucăți suport ventil, intra calibrul verificator, cu partea "nu trece". Filetul a fost realizat prin frezare, cu treceri succesive, în program comanda numerică.				
<i>Prezentare cauză</i>		Adaosul de prelucrare, nu a fost calculat corect de către programator, în vederea obținerii cotei diametrului mediu al filetului.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: executarea filetelui contrapiesei M80x2.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Adaptarea programului astfel încât, la ultimele treceri ale sculei aschietoare, adaosurile de prelucrare să fie mai mic, iar operatorul să verifice cu calibrul verificator, în mod repetat, înainte de a ajunge la cota nominală din program.				



Fig.4.11. Suport ventil

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
18.	18/ 14.01.16	<i>Cuzinet</i> (execuție)	5	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		La operația de strunjire de finisare, raza R280 mm, a fost introdusă în program R560 mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		S-a introdus în program diametrul, în locul razei.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: execuție contrapiesă: sferă, cu raza R560 mm, în urma modificării proiectului. Marcarea în corespondență pentru identificare, întrucât, piesele nu vor mai fi interschimbabile.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Instruirea personalului.				

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare



Fig.4.12. Cuzinet

Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
19.	19/ 15.01.16	Disc rotor treapta 2 (execuție)	14	F4	-	x
<i>Descriere neconformitate</i>		Piesa prezintă defecțiuni evidențiate la controlul cu lichide penetrante.				
<i>Prezentare cauză</i>		Semifabricat necorespunzător din stoc.				
<i>Soluționare</i>		Execuție altă piesă.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Asigurarea unor semifabricate controlate nedistructiv.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
20.	20/ 18.01.16	Porlabirint spate (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		În urma operației de strunjire, diametrul exterior Ø325 $_{-0,3}^{+0,3}$ mm s-a realizat de Ø323 mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		La stabilirea adaosului de finisare, operatorul a masurat eronat.				
<i>Soluționare</i>		Remaniere prin sudură. Se va reface adaosul de prelucrare prin depunere de material, după care se va reprelucra conform desen.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Control dimensional suplimentar înainte de prelucrarea de finisare, efectuat de către CTC.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
21.	21/ 20.01.16	Piulița M130x2 (execuție)	16	C1	-	x
<i>Descriere neconformitate</i>		În cadrul reparației ansamblului rotor, piuliță a fost executată la dimensiunile M130x2, conform schiță RLV, efectuată la expertizare.				
<i>Tabelul 3.3. Rezultate experimentale- continuare</i>						
<i>Prezentare cauză</i>		S-a produs o confuzie la expertizarea piesei vechi, între filetul real: 5"UNF și M130x2. Acest tip de confuzii apare destul de frecvent, data fiind apropierea dimensională dintre cele 2 tipuri de filet.				
<i>Soluționare</i>		Execuție altă piesă.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Înstruirea personalului de control cu standardele celor două tipuri de filete și cu metode de măsurare pentru identificarea corectă a acestora.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
22.	22/ 20.01.16	Detentor- deversor (reparatie)	16	A1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		La montaj s-a constatat ca scaunul deversorului nu este concentric cu bucșa de ghidaj.				

*Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare*

<i>Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare</i>						
<i>Prezentare cauză</i>		La corecția suprefeteelor piesei detentor- devisor, centrarea a fost facută defectuos, pe o altă suprafață decât cea cu corespondență geometrică, din proiect.				
<i>Soluționare</i>		Recorectarea suprafeței de asezare a bucșei, respectând condițiile geometrice de concentricitate și realizarea unei bucșe noi în corespondență.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Introducere în tehnologie a unor schițe ajutatoare, pentru centrarea piesei.				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Nr. RN/ data</b>	<b>Denumire reper</b> (obiectul contractului)	<b>Cod cauză</b>	<b>Cod defect</b>	<b>Acceptat</b>	<b>Rebut</b>
23.	23/ 22.01.16	<i>Carcasa compresor Rolls- Roice</i> (execuție)	16	C1	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Abatere dimensională, cota din desen de $1552,52 \div 1552,63$ mm, s-a realizat la 1552,73 mm și cota $892,12 \div 892,23$ mm s-a realizat de 892,26 mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		Verificarea cotelor în timpul prelucrării a fost efectuată doar cu sistemul de masură al MU.				
<i>Soluționare</i>		Acceptare ca atare de către client, în baza Cererii de derogare DDR Nr.6/ 02.08.16.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Verificarea dimensională, în paralel, cu micrometrul.				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Nr. RN/ data</b>	<b>Denumire reper</b> (obiectul contractului)	<b>Cod cauză</b>	<b>Cod defect</b>	<b>Acceptat</b>	<b>Rebut</b>
24.	24/ 23.01.16	<i>Piesa de întoarcere (pompa de alimentare)-</i> (execuție)	14	F4	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Piesa prezintă defecțiuni evidențiate la controlul cu pulberi magnetice.				
<i>Prezentare cauză</i>		Semifabricat necorespunzător din stoc.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: remaniere prin sudură conform tehnologiei speciale.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Asigurarea unor semifabricate turnate controlate nedistructiv, în urma unei analize prealabile a mai multor furnizori.				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Nr. RN/ data</b>	<b>Denumire reper</b> (obiectul contractului)	<b>Cod cauză</b>	<b>Cod defect</b>	<b>Acceptat</b>	<b>Rebut</b>
25.	25/ 24.01.16	<i>Suport ventil</i> (execuție)	5	C5	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		În urma operației de strunjire s-au realizat următoarea abatere dimensionale: cota desen $\varnothing 130\ H7_{0/+0,04}$ mm realizat la $\varnothing 130,13 \div \varnothing 130,18$ mm.				
<i>Prezentare cauză</i>		Centrarea necorespunzătoare a piesei și efectuarea de măsuratori eronate pe parcursul prelucrării, eroare umană corelată cu eroare MU inadecvată pentru acest tip de piesă.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: corecția abaterii de formă, prin reprelucrearea găurii la diametrul de $\varnothing 130,2$ mm și executarea contrapieseii în concordanță, cu respectarea ajustajelor din proiect.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Prelucrarea pe MU corespunzătoare, cu personal calificat superior.				
<b>Nr. crt.</b>	<b>Nr. RN/ data</b>	<b>Denumire reper</b> (obiectul contractului)	<b>Cod cauză</b>	<b>Cod defect</b>	<b>Acceptat</b>	<b>Rebut</b>
26.	26/ 24.01.16	<i>Filtru abur</i> (execuție)	17	H7	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		1. Dupa operația de strunjire s-a constatat că suprafața exterioară a piesei, prezintă multiple urme de lovitură. 2. Operația nr.6 din fișa tehnologică, de control cu US, nu s-a executat.				
<i>Prezentare cauză</i>		Manipulare necorespunzătoare de la un post de lucru la altul și nerespectarea documentației tehnologice.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: 1. Eliminarea urmelor de pe suprafața piesei prin îndepartare a unui minim de material și lustruire. 2. Efectuarea în această fază a controlului nedistructiv cu US.				

Tabelul 4.1. Rezultate experimentale- continuare						
<b>Propuneri de îmbunătățire</b>		Instruirea operatorilor cu procedura specifică manipulării și respectarea etapelor din fișa tehnologică.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
27.	27/ 27.01.16	<b>Arbore rotor monobloc</b> (execuție)	16	G5	-	x
<i>Descriere neconformitate</i>		Piesa prezintă abateri dimensionale din forjare.				
<i>Prezentare cauză</i>		Semifabricat forjat necorespunzător în colaborare.				
<i>Soluționare</i>		Asigurarea unui semifabricat forjat cu adaosurile de prelucrare conform documentației tehnologice.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Stabilirea unui punct de inspecție după forjare, la furnizor.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
28.	23/ 27.01.16	<b>Contrapiston echilibrare</b> (execuție)	16	C7	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		Piesa prezintă pe suprafața frontală o urmă de polizare cu adâncime de 0,87 mm și lungime de 7,3 mm, rezultată în urma operației de control duritate.				
<i>Prezentare cauză</i>		S-a folosit o suprafață inadecvată pentru determinarea durătății.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: remaniere prin sudură. Se va reface suprafața conform documentației tehnice.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Instruirea operatorilor Laboratorului de Încercări Mecanice.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
29.	29/ 28.01.16	<b>Inel</b> (execuție)	6	C6	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		1. Abatere dimensională, în gaura numărul 7, M20, întră calibrul tampon, partea "nu trece" pe toată lungimea fieltilui. 2. Rugozitatea filetelui $\varnothing 3491,2 \div \varnothing 3492,8$ mm cu P100, este realizată Ra $2,7 \div 4,65 \mu\text{m}$ , Ra impus $1,6 \mu\text{m}$ .				
<i>Prezentare cauză</i>		1. Utilizarea unei scule necorespunzătoare. 2. MU impune un regim de aschiere necorespunzătoare pentru obținerea Ra impus $1,6 \mu\text{m}$ .				
<i>Soluționare</i>		1. Soluție proiectant: majorarea găurii numărul 7 la M36 , buçare și refacere filet M20, conform procedurii de buçare. 2. Lustruire manuală până la obținerea rugozității impuse.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		1. Instruire operator. 2. Introducerea în fișa tehnologică a unei operații suplimentare de lustruire.				
Nr. crt.	Nr. RN/ data	Denumire reper (obiectul contractului)	Cod cauză	Cod defect	Acceptat	Rebut
30.	30/ 29.01.16	<b>Cutie lagar</b> (prelucrare semifabricat client)	6	C6	x	-
<i>Descriere neconformitate</i>		La gaura M24 filetul prezintă rupturi pe vârful spirelor, acesta corespunde însă controlului cu calibrul.				
<i>Prezentare cauză</i>		Dispozitivul de filetare cu tarod nu a declanșat la timp, conducând la ruperea acestuia în gaură.				
<i>Soluționare</i>		Soluție proiectant: majorarea găurii la M42 , buçare și refacere filet M24, conform procedurii de buçare.				
<i>Propuneri de îmbunătățire</i>		Verificare dispozitiv de către grupa SDV înainte de prelucrare. Efectuarea unei filetări pe piesa test, înainte de începerea operației.				

#### **4.3. ANALIZA ANUALĂ A NECONFORMITĂȚILOR**

Analiza anuală a calității evidențiază numărul de RN-uri emise pe coduri de cauză și defect, precizează numărul de RN-uri rămase deschise la data întocmirii, pe anul respectiv și separat pe anii anterioari, pentru a asigura o analiză pertinentă a tendinței neconformităților și a cauzelor acestora.

Analiza cuprinde în cadrul ei și numărul de control END efectuate, ROC emise, numărul de Cereri de derogare, numărul produselor avizate pentru introducerea în fabricație, date necesare stabilirii tendințelor specifice ale diverselor procese implicate, date generale necesare analizei, numărul de RN-uri deschise lunar etc.

Un Raport Anual de monitorizare, măsurare și analiză a procesului, este structurat astfel:

I. Abateri calitative consemnate în Rapoarte de Neconformitate în perioada 01.ianuarie-31.decembrie și costurile acestora;

II. Abateri calitative de la sistemul de management al calității prevazut în manualul sistemului de management integrat;

III. Raport asupra volumului de încercări și analize efectuate în cadrul laboratoarelor.

#### **4.4. REZULTATE EXPERIMENTALE**

##### *4.4.1. Raport de monitorizare, măsurare și analiză a procesului pentru anul 2016*

4.4.1.1. Abateri calitative consemnate în Rapoarte de Neconformitate în perioada 01.ianuarie-31.decembrie.2016 și costurile acestora.

În această perioadă, s-au introdus în fabricație un număr de 12.535 repere, însumând 137.881 piese; pentru acestea au fost raportate și înregistrate un număr de 10 reclamații din partea clientilor, care au fost analizate și rezolvate în cadrul organizației.

În decursul anului 2016, s-au înregistrat un număr de 642 neconformități în fabricație, înscrise în Rapoarte de Neconformitate.

Din numărul de 642 neconformități, s-au evidențiat în baza codării lor, următoarele tipuri de cauze, redate în tabelul 4.2.

*Tabelul 4.2. Centralizarea cauzelor apariției defectelor, după cod*

Nr.COD	COD CAUZA	Nr. RN-uri înregistrate	% piese remaniate	% rebut	PIERDERE NETA (LEI)
0	1	2	3	4	5
01	Planificarea execuției	23	86.96%	13.4%	8.321,14
02	Comunicarea	5	80.00%	20.00%	399,89
03	Maniera de desenare	2	100.00%	0.00%	0
04	Controlul fluxului tehnologic	1	100.00%	0.00%	0
05	Capacitate tehnologică	63	95.24%	4.76%	756,06
06	Scule aschietoare	26	100.00%	0.00%	274,79
07	Mașina unealtă	8	87.50%	12.50%	15.588,55
08	Dispozitive de prindere sau de fixare	1	100.00%	0.00%	0
10	Starea mașinii unelte	4	100.00%	0.00%	1.140,08
11	Decizii de management	7	100.00%	0.00%	0
14	Nedeterminate	90	84.27%	15.73%	31.238,60
15	Pregatire / calificare	2	100.00%	0.00%	0
16	Eroare umană	191	98.95%	1.05%	16.782,90

*Tabelul 4.2. Centralizarea cauzelor apariției defectelor, după cod- continuare*

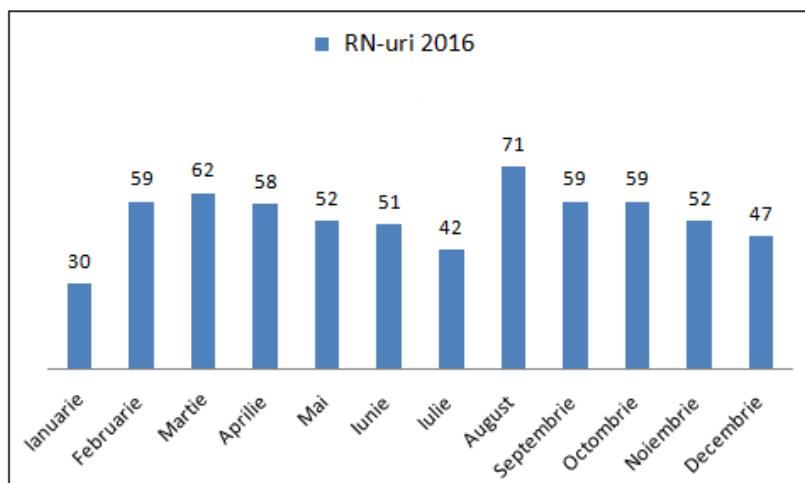
0	1	2	3	4	5
17	Manevrare/ambalare/conservare	6	50.00%	50.00%	484,16
18	Controlul documentelor	14	100.00%	0.00%	3.673,61
19	Controlul subfurnizorilor	8	50.00%	50.00%	3.399,22
20	Înlocuirea de material	48	95.83%	4.17%	52.020,93
21	Modificare de proiect	3	100.00%	0.00%	1.505,85
22	Probleme cauzate de client	61	98.36%	1.64%	29.775,83
23	Factori complecși	79	86.08%	13.92%	57.817,85
<b>TOTAL PIERDERE NETA</b>					<b>223.156,77 RON</b>

Din totalul de rapoarte de neconformitate înregistrate, 45 au primit rezoluția de REBUT , însumând o valoare de o pierdere potențială în valoare de 19.096,15 RON.

În perioada 01.01.÷ 31.12.2016 s-au emis RN-uri după cum urmează în tabelul 4.3. și în figura 4.13.:

*Tabelul 4.3. Situația Rapoartelor de neconformitate emise lunar*

Nr.crt.	Luna	Număr RN- uri emise
1.	Ianuarie	30
2.	Februarie	59
3.	Martie	62
4.	Aprilie	58
5.	Mai	52
6.	Iunie	51
7.	Iulie	42
8.	August	71
9.	Septembrie	59
10.	Octombrie	59
11.	Noiembrie	52
12.	Decembrie	47
Total:		642



*Fig.4.13. Graficul Rapoartelor de neconformitate emise*

Monitorizarea cauzelor apariției neconformităților în funcție de valoarea pierderii nete, tabelul 4.4.

*Tabelul 4.4. Monitorizarea cauzelor de neconformitate*

Nr.crt.	Cod cauza	Pierdere neta [RON]
1	23	57.817,85
2	20	52.020,93
3	14	31.238,60
4	22	29.775,83
5	16	16.782,90
6	5	15.588,55
7	1	8.321,14
8	18	3.673,61
9	19	3.399,22
10	21	1.505,85
11	10	1.140,08
12	7	756,06
13	17	484,16
14	2	399,89
15	6	274,79
16	3	0
17	4	0
18	8	0
19	11	0
20	15	0

Față de valoarea producției marfa înregistrata pe perioada 01.01.- 31.12.2016, pierderile datorate neconformităților reprezintă:

$$ICD = CD * 100 / VPM = \% \quad (4.1.)$$

unde: ICD- indicele codului defectelor;

CD- costul defectărilor;

VPM- valoarea producției marfă.

Astfel, pentru anul 2016 obținem:

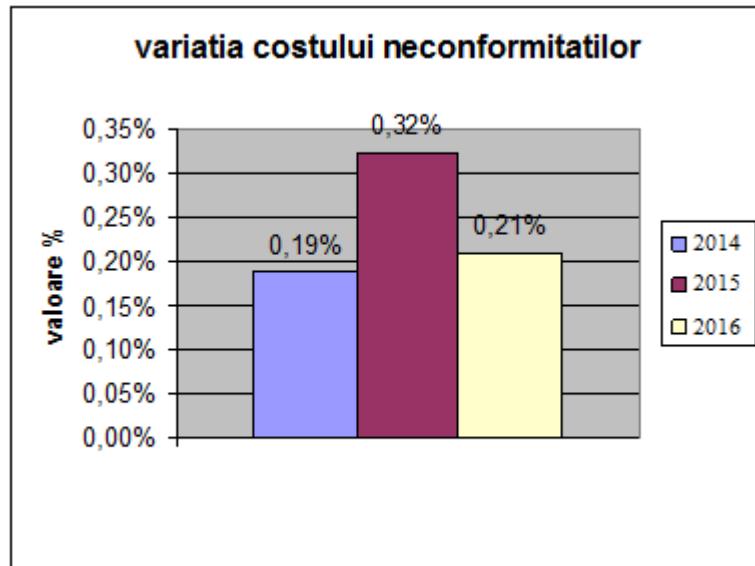
$$ICD = 223.156,77x 100 / 105.434.469 = 0,211 \%$$

Analiză comparativă a procentului costurilor neconformităților în ultimii 3 (trei) ani este redată în tabelul 4.5.:

*Tabelul 4.5. Analiza comparativă a procentului costurilor neconformităților*

An	2014	2015	2016
Procent anual	0,187 %	0,323 %	0,211 %

Reprezentată grafic, variația costurilor neconformităților în ultimii 3 (trei) ani este redată în figura 4.14.



*Fig.4.14. Graficul variației costurilor neconformitaților*

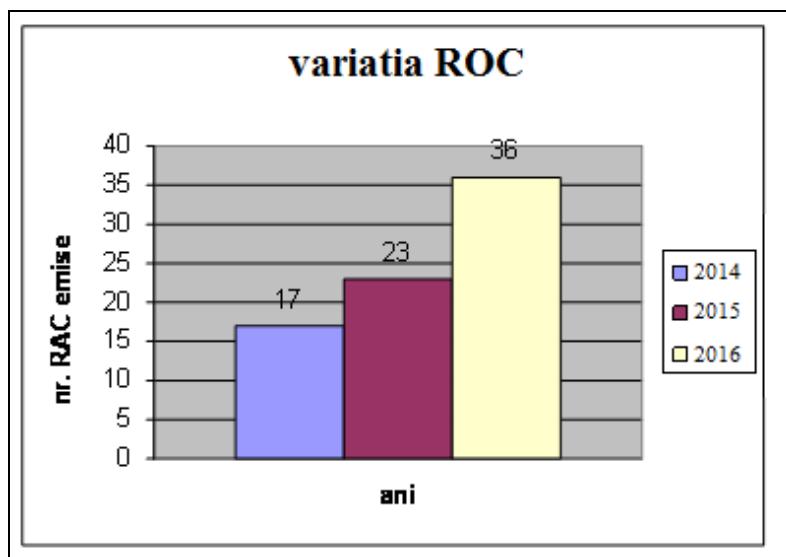
4.4.1.2. Abateri calitative de la Sistemul de Management al Calității în perioada 01.01÷31.12.2016.

În urma abaterilor dimensionale constatate în 2016 s-au întocmit 36 Rapoarte de Acțiune Corectivă, care au fost soluționate în totalitate.

Situarea Rapoartelor de Acțiune Corectivă pe ultimii 3 (trei) ani este redată în tabelul 4.6., figura 4.15:

*Tabelul 4.6. Variația Rapoartelor de Acțiune Corectivă*

An	2014	2015	2016
Variație RAC emise	17	23	36



*Fig.4.15. Variația ROC*

4.4.1.3. Raport asupra volumului de încercari și analize efectuate în cadrul laboratoarelor în perioada 01.01-31.12.2016.

Conform documentației de execuție, în perioada 01.01.2005 – 31.12.2005, s-au examinat repere conform tabelului 4.7.:

*Tabelul 4.7. Centralizare controale efectuate în anul 2016*

<i>Tip control</i>	<i>Nr. piese examineate in cadrul societatii</i>	<i>Nr. Piese examineate in afara societatii</i>
END-US	21164	0
END-LP	2829	0
END-PM	31363	0
END-RX	225	0
analiza chimică internă si spectrometrică	417	0
încercari mec. la rece ext.	0	62
încercari la sarcină	7	0
incercari mec. la rece int.	3183	0
încercari mec. la cald ext.	0	0
încercari mec. la cald int.	38	0
termostabilizare	25	0
vibrații	1900	0
echilibrare	435	0
proba hidraulică	260	0
proba stand	3	0
duritate internă	1788	0
replici micrografice	0	11
metalografie	303	0
macroscopie	0	2
vericare metrologică	318	0
analiza chimică externă	0	97
permeabilitate magnetică	0	0
examinare vizuală	46	0
aspect+dimensional	26452	0
grosime strat	7475	0
analiza spectrală cantitativă	2512	0
acoperiri protecție internă	3619	0
elasticitate	570	0
Rezistență de izolație	4	0
proba etanșare	48	0
<b>TOTAL</b>	<b>104.985</b>	<b>172</b>

Se observă că din totalul de 137.881 piese executate au fost controlate de către Serviciul CTC un total de 104.985 piese în cadrul societății, pentru diversele tipuri de controale pentru care firma este calificată.

## CAPITOLUL 5:

### CERCETĂRI PRIVIND ELIMINAREA NECONFORMITĂȚILOR GENERATE DE EROAREA DE MĂSURARE A MAȘINIILOR - UNELTE

#### 5.1. NOTIUNI INTRODUCTIVE

Stabilirea performanțelor mașinilor – unelte cu comandă numerică și a celor clasice respectiv, se face prin verificarea preciziei de măsurare (poziționare) și a geometriei acestora.

Verificarea preciziei de măsurare (poziționare) și a geometriei mașinilor – unelte cu comandă numerică și clasice, se poate face cu interferometrul laser.

Sistemul laser Renishaw XL-80 este unul de mare acuratețe, rapid și ușor de utilizat. Unitatea de bază XL- 80 produce o rază laser extrem de stabilă, acuratețea măsurătorilor liniare încadrându-se în  $\pm 0.5$  ppm într-o gamă largă de condiții de temperatură și presiune –  $0^{\circ}\text{C}$ - $40^{\circ}\text{C}$  respectiv 650 mbar-1150 mbar [120].

#### 5.2. DEFINIȚII

*Verifier* – persoană care efectuează încercări de model, etalonări/verificări metrologice.

*Unități de măsură legale* – sunt cele prevăzute în anexa 1 din Ordonanța 20/ 1994 și este parte integrantă a acesteia.

*Verificare metrologică* – operațiunea prin care se constată dacă un mijloc de măsurare satisface prevederile normelor tehnice de metrologie legală, ale standardelor sau ale altor reglementări care îi sunt aplicabile [84].

*Măsurare* – ansamblu de operații având ca scop determinarea valorii unei mărimi.

*Rezultat al unei măsurări* – valoare atribuită unui măsurând, obținută printr-o măsurare.

*Mărime de influență* – o mărime care nu face obiectul măsurării, dar care influențează valoarea măsurandului sau indicația mijlocului de măsurare.

*Eroare de măsurare* – diferența dintre rezultatul unei măsurări și valoarea convențională adevărată a măsurandului.

*Condiții de referință* – condiții de utilizare a unui mijloc de măsurare, prescrise pentru încercările de funcționare sau pentru a se asigura validitatea comparării rezultatelor măsurărilor.

*Procedura de măsurare* – ansamblul de operații descrise în mod concret, utilizate în efectuarea unor măsurări anumite în conformitate cu o metodă dată [85],[86].

#### 5.3. CONDIȚII PREALABILE

Personalul care utilizează interferometrul laser să fie pregătit în acest scop, având instruirea, cunoștințele tehnice și experiența necesară pentru ca lucrările pe care le efectuează să fie de cea mai bună calitate[83].

Pentru reglarea sistemului de măsurare cu interferometrul laser în vederea evaluării unei mașini - unelte sunt necesare trei regului de bază:

- a) ale agerei montajului corect pentru măsurare, respectiv poziționarea laserului, a prismelor pe care se montează interferometrul și a retroreflectorul în aşa fel încât să urmărească cât mai fidel axa care urmează a fi evaluată/ verificată;
- b) micșorarea surselor de erori potențiale prin aliniere corectă, poziționarea senzorilor de temperatură în zonele cele mai solicitate, evitarea curselor moarte etc. Pentru aceasta este necesar ca unda laser să fie cât mai bine aliniată pentru a urmări cât mai fidel axa care urmează a fi verificată, softul laserului afișează precizia cu care a fost aliniat acesta;
- c) simularea condițiilor de lucru ale mașinii - unelte cât mai fidel posibil, materializându-se în programul de verificare lungimea reală a axei care urmează a fi verificată.

Fiecare reglare individuală trebuie să fie analizată cu mare atenție pentru a se asigura că măsurarea erorilor mașinii reprezintă erorile piesei de prelucrat, de aceea una din lentilele laserului se va monta pe dispozitivul de prindere a sculei de aşchieri pentru ca aceasta să urmărească cât mai fidel erorile care ar putea fi transmise piesei de prelucrat.

Măsurările trebuie să reflecte deplasările relative ale sculei de aşchieri față de piesa de prelucrat [84].

Montarea unei componente optice în locul de amplasare a sculei aşchietoare, iar cealaltă componentă optică va fi montată în poziția potențială a piesei.

Laserul se recomandă să fie amplasat astfel încât numărul de măsurări ce pot fi făcute fără repoziționarea capului laser, să fie maxim.

Deși măsurările cu sisteme laser sunt extrem de exacte, trebuie reținut faptul că precizia lor depinde de reglarea inițială și de eliminarea erorilor potențiale.

Verificarea și evaluarea preciziei și repetabilității de poziționare a axelor mașinilor unelte comandate numeric prin măsurarea directă a fiecărei axe a mașinii - unelte la funcționarea în gol, cuprinde următoarele grupe de verificări [87]:

- verificări legate de precizia geometrică a mașinii – unelte la verificări de recepție;
- verificări legate de precizia geometrică a mașinii – unelte la verificări de comparare;
- verificarea preciziei de poziționare și repetabilitate a mașinii la verificări de comparare;
- verificări legate de precizia geometrică a mașinii – unelte la verificări periodice;
- verificarea preciziei de poziționare și repetabilitate a mașinii la verificări periodice;
- verificarea preciziei de poziționare și repetabilitate a mașinii la verificări de recepție;
- verificarea preciziei de poziționare și repetabilitate a mașinii la verificări pentru compensarea erorilor.

#### **5.4. CONDIȚII DE VERIFICARE**

Pentru o verificare corectă, se va ține cont de condițiile de mediu specificate de producător acolo unde utilizatorul are responsabilitatea asigurării unor condiții de mediu corespunzătoare pentru verificarea corectă a funcționării precum și a performanțelor mașinii- unelte [86].

*Trebuie remarcat că orice modificare a temperaturii în raport cu cea de referință, care este de 20 °C, poate cauza o incertitudine suplimentară legată de coeficienții de dilatare reală utilizati la compensarea pe care interferometrul laser o face automat prin senzorii de temperatură cu care este dotat, care vor fi montați în trei zone ale axei ce urmează a fi verificate plus senzorul de mediu care monitorizează temperatura, presiunea atmosferică și umiditatea.*

##### *5.4.1. Mașina supusă verificării*

- trebuie să aibă toate operațiile și verificările de aliniere geometrică efectuate, clasic;
- toate verificările trebuie efectuate cu mașina în condiții de mers în gol, adică fără piesa de lucru;
- poziția săniilor sau a componentelor în mișcare pe axele care nu sunt verificate, vor fi specificate [86].

##### *5.4.2. Preîncălzirea mașinii*

Pentru a verifica mașina în condiții de funcționare normale, verificările trebuie efectuate precedate de o operație de preîncălzire adecvată a mașinii, condiție specificată de furnizorul echipamentului.

Dacă nu sunt specificate nici un fel de condiții, deplasările preliminare trebuie să se rezume la operațiile necesare pentru reglarea instrumentelor de măsurare.

##### *5.4.3. Metoda de verificare*

Mașina trebuie să fie programată să depleteze ansamblul mobil în lungul și în jurul axei ce urmează a fi verificată, să poziționeze ansamblul mobil într-o serie de poziții programate unde acestea trebuie să rămână un timp suficient pentru ca poziția atinsă să fie măsurată și înregistrată.

Montajul de măsurare este destinat să măsoare deplasările relative dintre ansamblul care susține scula și cel care susține piesa de prelucrat pe direcția de mișcare a axei verificate.

Măsurările trebuie efectuate în toate pozițiile programate conform ciclului de verificare standard, fiecare poziție programată trebuie atinsă de 5 ori din fiecare sens.

Pentru axe cu o cursă de până la 2000 mm trebuie selectate minimum 5 poziții pe metru.

Pentru axe cu o cursă mai mare de 2000 mm trebuie selectate minimum 4 poziții pe metru.

#### **5.5. EVALUAREA REZULTATELOR**

Evaluarea rezultatelor este efectuată automat de softul calculatorului cu care este dotat interferometrul laser conform programului stabilit de operator.

Rezultatele verificării, sunt obținute automat din softul calculatorului și conțin [84]:

- reprezentarea grafică a preciziei de poziționare;
- tabelul cu valorile obținute pentru fiecare punct de poziționare programat;
- acestea sunt tipizate conform programului din softul calculatorului și tipărite la comanda operatorului după ce acesta introduce datele necesare de identificare a fiecărei mașini-unelte, respectiv serie, număr inventar denumirea mașinii-unelte, locul de amplasare, orice alte date care pot duce la identificarea mai ușoara a acesteia.

Fișele de măsurători cuprind [109]:

- denumirea axei verificate și lungimea cursei verificate;
- temporizarea în fiecare poziție programată;
- lista pozițiilor nominale programate;
- temperaturile înregistrate în timpul verificării cu senzorii amplasați în diverse puncte pe axa mașinii;
- condițiile de temperatură, umiditate și presiune atmosferică a mediului în care s-a efectuat verificarea;
- numărul de cicluri programate pentru verificare.

Verificările preciziei de poziționare pentru axe liniare se pot face:

- în ambele sensuri ale unei axe;
- într-un sens al axei.

*Alte verificări:*

- abaterii sistematice de poziționare din ambele sensuri a deplasării pe o axă;
- abaterii sistematice de poziționare dintr-un sens a deplasării pe o axă;
- domeniul abaterii medii de poziționare din ambele sensuri ale unei axe;
- repetabilitatea de poziționare din ambele sensuri ale unei axe;
- repetabilitatea de poziționare dintr-un sens ale unei axe;
- valoarea jocului la schimbarea sensului deplasării pe o axă;
- valoarea medie a jocului la schimbarea sensului deplasării pe o axă.

*Verificarea corectitudinii calculelor efectuate de softul calculatorului:*

Determinarea și verificarea tuturor acestor date manual (softul calculatorului cu care este dotat interferometrul laser le efectuează automat) se folosesc următoarele definiții și formule de calcul [83]:

- deplasare pe axă – deplasare maximă, liniară sau de rotație, pe care componentele în mișcare se pot deplasa controlat numeric;
- deplasare măsurată – deplasare pe axă care este utilizată pentru achiziția datelor, este selectată astfel încât prima și ultima poziție programată să poată fi atinse din ambele sensuri;
- poziție programată  $P_i$  ( $i=1$ pînă la  $m$ ) poziția până la care ansamblul mobil este programat să se depleteze;
- poziție reală  $P_{ij}$  ( $i=1$  până la  $m$ ;  $j=1$  până la  $n$ ) poziția măsurată atinsă de ansamblul mobil la apropierea de poziția programată;
- abatere de poziție; abatere pozitională  $x_{ij}$ , diferența dintre poziția reală și poziția programată unde:

$$X_{ij}=P_{ij}-P_i \quad (5.1)$$

- deplasare într-un sens – se referă la o serie de măsurări în care apropierea de o poziție programată este întotdeauna făcută în același sens în lungul sau în jurul axei.

Simbolul \* semnifică un parametru deviat dintr-o măsurare făcută după o apropiere în sens pozitiv, iar O cea în sens negativ, de exemplu,  $x_i^+$  sau  $x_i^-$ ;

- deplasare în ambele sensuri – se referă la un parametru derivat dintr-o serie de măsurări în care apropierea de o poziție programată este făcută din ambele sensuri în lungul sau în jurul axei;

- incertitudine extinsă mărime care definește un interval al rezultatului unei măsurări care se presupune că determină o mare parte a distribuției valorilor;

- factor de acoperire – factor numeric utilizat ca multiplicator al incertitudinii standard combinată pentru a obține o incertitudine extinsă;

- abatere medie de poziționare dintr-un singur sens într-o poziție,  $\bar{x}_i^*$  sau  $\bar{x}_i^O$  : media aritmetică a abaterilor de poziționare obținute dintr-o serie de n apropieri dintr-un singur sens într-o poziție :

$$P + \bar{x}^* = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}^* \quad X \quad \bar{x}_i^O = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij}^O \quad (5.2)$$

- abaterea medie de poziționare din ambele sensuri într-o poziție -  $\bar{x}_i$ : media aritmetică a abaterilor medii de poziționare dintr-un singur sens,  $\bar{x}_i^*$  și  $\bar{x}_i^O$  obținută din ambele sensuri de apropiere de o poziție :

$$\bar{x}_i = \frac{\bar{x}_i^* + \bar{x}_i^O}{2} \quad (5.3)$$

- valoare a jocului la schimbarea sensului într-o poziție –  $B_i$ : Valoarea diferenței dintre abaterile medii de poziționare dintr-un singur sens obținute din cele două sensuri de apropiere de o poziție P, astfel:

$$B_i = \bar{x}_i^* - \bar{x}_i^O \quad (5.4)$$

- valoare a jocului la schimbarea sensului deplasării pe o axă – B: Valoarea absolută a jocurilor la schimbarea sensului deplasării saniei pe o axă B în raport cu toate pozițiile programate în lungul și în jurul axei:

$$B = \max [B_i] \quad (5.5)$$

- valoarea medie a jocului la schimbarea sensului deplasării pe o axă –  $\bar{B}$  : Media aritmetică a valorilor  $B_i$  la schimbarea sensului deplasării în toate pozițiile programate în lungul și în jurul axei:

$$\bar{B} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m B_i \quad (5.6)$$

- abaterea standard a incertitudinii poziționării dintr-un singur sens într-o poziție,  $s_i^*$  sau  $s_i^O$ : abaterea standard a incertitudinii abaterilor de poziționare obținute dintr-o serie de n apropieri dintr-un singur sens pe o poziție  $P_+$ :

$$s_i^* = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij}^* - \bar{x}_i^*)^2} \quad (5.7)$$

$$s_{iO} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \quad (5.8)$$

- repetabilitate de poziționare dintr-un singur sens într-o poziție,  $R_i*$  sau  $R_iO$ . Domeniul derivat din incertitudinea extinsă a abaterilor de poziționare dintr-un sens într-o poziție  $P_n$  utilizând un factor de acoperire 2:

$$R_i* = 4s_{i*} \quad (5.9)$$

$$R_iO = 4s_{iO} \quad (5.10)$$

\* repetabilitatea de poziționare din ambele sensuri într-o poziție R

$$R_i = \max [2s_{i*} + 2s_{iO} + (B_i) : R_i* : R_iO] \quad (5.11)$$

- abaterea sistematică de poziționare dintr-un singur sens a unei axe  $E*$  sau  $EO$ : Diferența algebrică dintre maximul și minimul abaterilor medii de poziționare dintr-un singur sens  $\bar{x}_i*$  sau  $\bar{x}_iO$  în oricare poziție  $P_i$  în lungul sau în jurul axei:

$$E* = \max[\bar{x}_i*] - \min[\bar{x}_i*] \quad (5.12)$$

$$EO = \max[\bar{x}_iO] - \min[\bar{x}_iO] \quad (5.13)$$

- abaterea sistematică de poziționare din ambele sensuri a unei axe, E: Diferența algebrică dintre maximul și minimul abaterilor de poziționare din ambele sensuri  $\bar{x}_i*$  sau  $\bar{x}_iO$  în oricare poziție  $P_i$  în lungul sau în jurul axei:

$$E = \max[\bar{x}_i* : \bar{x}_iO] - \min[\bar{x}_i* : \bar{x}_iO] \quad (5.14)$$

- abaterea medie de poziționare din ambele sensuri a unei axe, M: Diferența algebrică dintre maximul și minimul abaterilor de poziționare din ambele sensuri  $\bar{\bar{x}}$  în oricare poziție  $P_i$  în lungul sau în jurul axei:

$$M = \max[\bar{\bar{x}}_i] - \min[\bar{\bar{x}}_i] \quad (5.15)$$

- precizia de poziționare dintr-un singur sens a unei axe  $A*$  sau  $AO$ : Domeniul obținut din combinația abaterilor sistematice dintr-un sens și abaterea standard a incertitudinii poziționării dintr-un singur sens, utilizând un factor de acoperire de 2.

$$A* = \max[\bar{x}_i* + 2s_{i*}] - \min[\bar{x}_i* + 2s_{i*}] \quad (5.16)$$

$$AO = \max[\bar{x}_iO + 2s_{iO}] - \min[\bar{x}_iO + 2s_{iO}] \quad (5.17)$$

- precizia de poziționare din ambele sensuri a unei axe A : Domeniul obținut din combinația abaterilor sistematice din ambele sensuri și abaterea standard a incertitudinii de poziționare din ambele sensuri, utilizând factorul de acoperire de 2 [85].

$$A = \max[\bar{x}_i* + 2s_{i*} ; \bar{x}_iO + 2s_{iO}] - \min[\bar{x}_i* + 2s_{i*} ; \bar{x}_iO + 2s_{iO}] \quad (5.18)$$

*Verificarea preciziei geometrice a mașinilor funcționând în gol sau în condiții de finisare.*

Definițiile geometrice sunt abstracte și se referă numai la linii și suprafețe imaginare, de aici rezultă faptul că uneori definițiile geometrice nu pot fi aplicate în practică ele neînținând seamă de realitățile constructive sau de aspectul practic al verificării geometrice.

Definițiile metrologice au un caracter concret deoarece iau în considerare linii și suprafețe reale accesibile măsurării, acestea includ într-un singur rezultat toate abaterile micro și macro geometrice, permîțând obținerea unui rezultat care să includă toate cauzele unei erori, fără a face distincție între acestea.

Verificările geometrice care se pot efectua cu interferometrul laser la mașinile unelte respective [86]:

- verificări de rectiliniaritate;
- verificări de planitate.

Verificările geometrice care includ rectiliniaritatea sunt următoarele [87]:

- rectiliniaritatea unei linii într-un plan sau spațiu;
- rectiliniaritatea componențelor;
- rectiliniaritatea deplasării.

## 5.6. SURSELE DE ERORI

Sursele de erori care trebuie luate în calcul înainte și în timpul măsurărilor pentru a obține valoarea convențională a măsuratului sunt [87],[110]:

### 5.6.1. Eroarea de mediu

Pentru măsurări liniare este necesar să se înțeleagă că exactitatea absolută a interferometrului laser este direct determinată de cât de precis sunt cunoscute condițiile de mediu și de fapt de cât de stabile sunt, o eroare de aproximativ o parte pe milion se va produce pentru fiecare eroare de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperaturii mediului, 2,5 mm Hg a presiunii absolute și 30% a umidității relative;

Cel mai important este menținerea stabilă a condițiilor de mediu în timpul verificării.

Temperatura suprafeței mașinii reprezintă o sursă semnificativă de erori în evaluarea interferometrică a mașinii-unelte este efectul temperaturii mașinii-unelte însăși.

Pentru mașinile unelte care utilizează șuruburi conducătoare din oțel pentru deplasarea cu care determină poziția saniei, acest efect reprezintă o dilatare aproximativă de 0,0000108 mm / mm pentru o creștere de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperaturii șurubului conducător, dacă cursa totală a saniei este de 1000 mm, acest efect reprezintă o modificare potențială a lungimii șurubului conducător de 0,0108 mm pentru o variație de  $1^{\circ}\text{C}$  a temperaturii, când sistemul de măsură este traductor rotativ montat în capul șurubului conducător.

#### 5.6.2. Eroarea de cursă moartă

Cursa moartă este o eroare asociată cu modificările condițiilor de mediu în timpul măsurărilor, respectiv este o eroare datorată unei lungimi necompensate a drumului razei laserului și se poate produce atunci când condițiile atmosferice din jurul fasciculului laser se modifică (implicând o modificare a lungimii de undă laser) și atunci când temperatura materialului pe care se montează interferometrul optic și retroreflectorul se modifică (cauzând o creștere / descreștere a distanței dintre interferometru și retroreflector);

Zona cursei moarte a drumului de măsurare a laserului este distanță dintre interferometru și poziția de readucere pe zero a măsurării ( $L_1$ ), dacă nu există mișcare între interferometrul optic și colțul de cub (retroreflector), iar condițiile mediului din jurul drumului razei laser se modifică, atunci și lungimea de undă se va modifica pe întregul drum ( $L_1+L_2$ );

Dacă valoarea compensării vitezei luminii se modifică pentru a efectua corecțiile pentru noile condiții de mediu, sistemul de măsurare cu laser face corecții pentru variația lungimii de undă laser pe distanță  $L_2$  dar nu se va efectua nici o corecție pe lungimea cursei moarte  $L_1$ .

#### 5.6.3. Eroarea cosinus

Nealiniera traectoriei fascicolului laser cu axa de deplasare a mașinii-unelte are ca rezultat o eroare între distanța măsurată și distanță reală parcursă.

Această nealinieră de la paralelism se numește în mod normal eroare de cosinus, datorită faptului că mărimea erorii este proporțională cu cosinusul unghiului nealinierii dintre fascicul și direcția de deplasare.

Atunci când sistemul de măsurare cu laser este nealiniat cu axa de deplasare a mașinii-unelte, eroarea cosinus implică o distanță măsurată mai mică decât cea reală.

Distanța măsurată cu sistemul de măsurare laser este  $L_{LMS}$  în timp ce distanță reală parcursă de mașină-unealtă este  $L_M$ . Desenând un arc de rază cu centrul în A, se poate vedea ușor că  $L_{LMS}$  este mai mică decât  $L_M$ .

Singurul mod de a elimina eroarea cosinus este de a respecta procedurile de aliniere în timpul reglării interferometrului laser.

#### 5.6.4. Eroarea Abbe

Dacă măsurarea este făcută într-o poziție decalată față de deplasarea măsurată, orice mișcare unghiulară a elementului introduce o eroare;

O regula utilă aplicabilă este cea „a degetului mare” în aproximarea unei mișcări unghiulare: pentru fiecare mișcare unghiulară de un arc - secunda eroarea introdusa este de aproximativ  $5 \mu\text{m} / \text{m}$  al decalajului;

Pentru un decalaj Abbe de 200 mm și o mișcare unghiulară de 2 arc-secunda, eroarea de măsurare a deplasării este de  $200 \text{ mm} \times 5 \mu\text{m} / \text{m} \text{ arc - secundă} \times 2 \text{ arc - secundă} = 2 \mu\text{m}$ .

### 5.7. STUDIU DE CAZ

Prezentul studiu de caz, s-a desfășurat pe parcursul unui an.

Desfășurându-și activitatea într-un spațiu industrial de peste 5.000mp, dotat cu mașini unelte de dimensiuni mari și foarte mari, având o capacitate de a prelucra piese de până la

20m lungime, precum și diametre de până la 16m și greutăți de până la 300t, organizația unde a fost efectuat studiul, întâmpină deseori probleme generate de variația de temperatură, în spațiile de lucru. Iarnă, temperatura din hală de producție este cuprinsă între  $6^{\circ}\div 12^{\circ}$ , iar vara, ajunge până la  $38^{\circ}$ . Deci se constată că avem o variație totală, pe parcursul unui an de maxim  $32^{\circ}$ . Această variație mare, conduce la un dezechilibru al tuturor componentelor din ansamblul mașinilor unelte. În concluzie și ansamblul sistemului de măsură al unei mașini-unelte are de suferit, datorită dilatărilor și contractărilor componentelor de tipul:

- traductori;
- rgle de măsură.

Cea mai sigură soluție pentru rezolvarea problemelor generate de variația temperaturii este separarea spațiilor de lucru și încălzirea/ răcirea lor, după caz. Această îmbunătățire generează costuri de achiziție și de întreținere, foarte ridicate, pe parcursul întregului an, pe care societatea nu și le permite în acest moment.

O altă posibilă soluționare a acestei probleme poate reieși dintr-o analiză detaliată a comportamentului sistemului de măsură, în condițiile variației temperaturii.

Spre exemplu, pe parcursul anului 2017, am ales pentru verificare una dintre mașinile unelte: *mașina de alezat și frezat cu arbore principal în poziție orizontală PAMA*, dotată cu comandă numerică Fagor și am măsurat parametrii în fiecare lună a anului.

*Mașina de alezat și frezat cu arbore principal în poziție orizontală PAMA, fig.5.1.:*

- tensiune: 3x380V - 50Hz;
- cursa pe axa x: 6000 mm;
- cursa pe axa y: 3000 mm;
- cursa pe axa z: 950 mm;
- cursa pe axa w: 2000 mm;
- arbore principal  $\varnothing 240$  mm.

Reprezentarea grafică a rezultatelor obținute în urma verificărilor cu interferometrul laser, este redată în Anexa 2, a prezentei lucrări.



*Fig.5.1. Mașina de alezat și frezat cu arbore principal în poziție orizontală PAMA*

## 5.8. CONCLUZII

În urma măsurătorilor efectuate, ale căror grafice sunt redate mai sus, s-a constatat o variație a erorii de măsurare, cuprinsă între 0,482 mm și -0,520 mm, în funcție de temperatura înregistrată la data efectuării fiecărei măsurători.

Pentru a reduce această eroare, vom recurge la realizarea unui sistem de corecții automat în sistemul electronic de citire al MU, format din 3 variante, pentru intervale de temperatură :

- primul interval până la 15° ;
- al doilea interval pentru temperaturi cuprinse între 15°÷30° ;
- al treilea interval pentru temperaturi de peste 30°.

Astfel MU, în momentul în care este pornită și își efectuează referințele, în funcție de temperatura înregistrată pe termometrul integrat, să-și adapteze varianta de corecții a sistemului electronic.

În prima zi a săptămâni, după doua zile de staționare a MU, nu se vor finisa piese. Astfel se va permite încalzirea componentelor mașinii, ungerea, scăzând în acest fel, probabilitatea apariției de erori.

MU de ultima generație, nu funcționeaza dacă temperatura mediului ambient, nu este cea prescrisă de producător. Senzorul de temperatură cu care acestea sunt dotate, transmite sistemului de comandă, valoarea înregistrată în acel moment.

Un astfel de sistem modern, ar bloca producția, în cazul studiat, pentru aproximativ 3 luni dintr-un an.

Fiind vorba despre implementarea unui proiect pilot, pentru mașina unealtă Pama, se vor continua măsurările în același ritm, pe parcursul următorului an, pentru a-l putea îmbunătății, omologa și aplica pentru toate utilajele din cadrul organizației.

## CAPITOLUL 6:

### CONCLUZII FINALE, CONTRIBUȚII ORIGINALE, DIRECȚII DE CERCETARE ÎN PERSPECTIVĂ

#### 6.1. CONCLUZII FINALE

Cercetările teoretice și experimentale întreprinse în prezenta teza de doctorat sunt de actualitate și se înscriu în preocupările producătorilor de echipamente energetice din întreaga lume.

În acest context, s-au efectuat cercetări privind modul tratare a neconformităților, pornind de la:

- metoda de control prin care acestea sunt identificate;
- codificarea cauzei apariției și a defectelor, pentru a fi posibilă centralizarea periodică a raportelor de neconformitate înregistrate;
- compararea acestor rezultate cu cele înregistrate în anii anteriori;
- identificarea unei cauze semnificative de apariție a neconformităților având în vedere ponderea pierderilor pe care o generează societății;
- găsirea unei soluții privind eliminarea neconformităților generate de eroarea de măsurare a mașinilor – unelte, la variațiile de temperatură.

Cercetările experimentale s-au efectuat pornind de la o analiză a modului de înregistrare și tratare a neconformităților. Acest studiu a fost facut pe parcursul unui an, rezultatele finale fiind comparate cantitativ cu cele înregistrate în anii anteriori.

In urma analizei comparative a procentului costurilor neconformităților acestea au fost 0,187% în 2014, 0,323% în 2015, respectiv 0,211% în 2016.

S-a analizat modul de identificare a neconformităților, prin mai multe metode de control nedistructiv, pentru fiecare dintre ele, prezentându-se o situație reală, aparută în cadrul organizației.

Pentru luna ianuarie a anului 2016, cele 30 de RN-uri identificate au fost prezentate detaliat astfel: a fost descrisă neconformitatea, prezentată cauza apariției acestora, detaliată soluționarea ei și s-a propus o modalitate de îmbunătățire a procesului.

În baza unei analizei anuale a noncalități, s-a identificat că variația temperaturii, de la un anotimp la altul, generează o serie de erori ale sistemului de măsurare a MU. Ponderea pierderilor înregistrate astfel este una semnificativă, drept pentru care s-a demarat eliminarea acestei probleme.

În prezent MU sunt verificate cu aparatul interferometrul laser, periodic sau atunci când se constată o diferență mai mare de 0,05 mm/ 1m între masurările efectuate de controlor și cele afișate de mașina.

Chiar dacă există și alți factori ce produc decalibrarea sistemului de măsurare al MU, cum ar fi: vibrațiile, uzura etc., s-a demonstrat prin verificarea lunară, desfășurată pe întreg parcursul anului 2017, că variația temperaturii reprezintă o sursă semnificativă de erori. În

urma măsurătorilor efectuate s-a constatat o variație a erorii de măsurare, cuprinsă între 0,482 mm și -0,520 mm, în funcție de temperatura înregistrată la data efectuării fiecărei măsurători.

Pentru a reduce aceste erori, s-a recurs la realizarea unui sistem de corecții automat în sistemul electronic de citire al MU, format din 3 variante, pentru intervale de temperatură. Astfel MU, în momentul în care este pornită și își efectuează referințele, în funcție de temperatura înregistrată pe termometrul integrat, să-și adapteze varianta de corecții a sistemului electronic.

## **6.2. CONTRIBUȚII ORIGINALE**

### *6.2.1. Contribuții teoretice*

Contribuțiiile teoretice originale se concretizează prin:

- analiza stadiului actual al privind modul tratare a neconformităților apărute în procesele de fabricație și menenanță a echipamentelor energetice, definirea conceptului de management al calității, principii de management al calității, obiective, realizarea produselor, controlul producției, metode de control END.

- cercetări privind modul de înregistrare și tratare a neconformităților;
- cercetări privind acțiunile preventive și corective întreprinse.

### *6.2.1. Contribuții experimentale*

Cercetările experimentale originale de concretizează prin:

- obținerea rezultatelor experimentale privind modul de înregistrare, codare, clasificare a neconformităților;

- obținerea rezultatelor experimentale privind analiza comparativă a acestora, a procentului costurilor neconformităților;

- stabilirea variației temperaturii ca fiind o sursă importantă de erori ale sistemului de măsurare a MU;

- obținerea rezultatelor experimentale privind analiza verificărilor cu interferometrul laser a unei MU;

- implementarea unui proiect pilot, pentru mașina unealtă Pama, în cadrul căruia se vor continua măsurările în același ritm, pe parcursul următorului an, pentru a putea fi îmbunătățit, omologat și aplicat pentru toate utilajele din cadrul organizației.

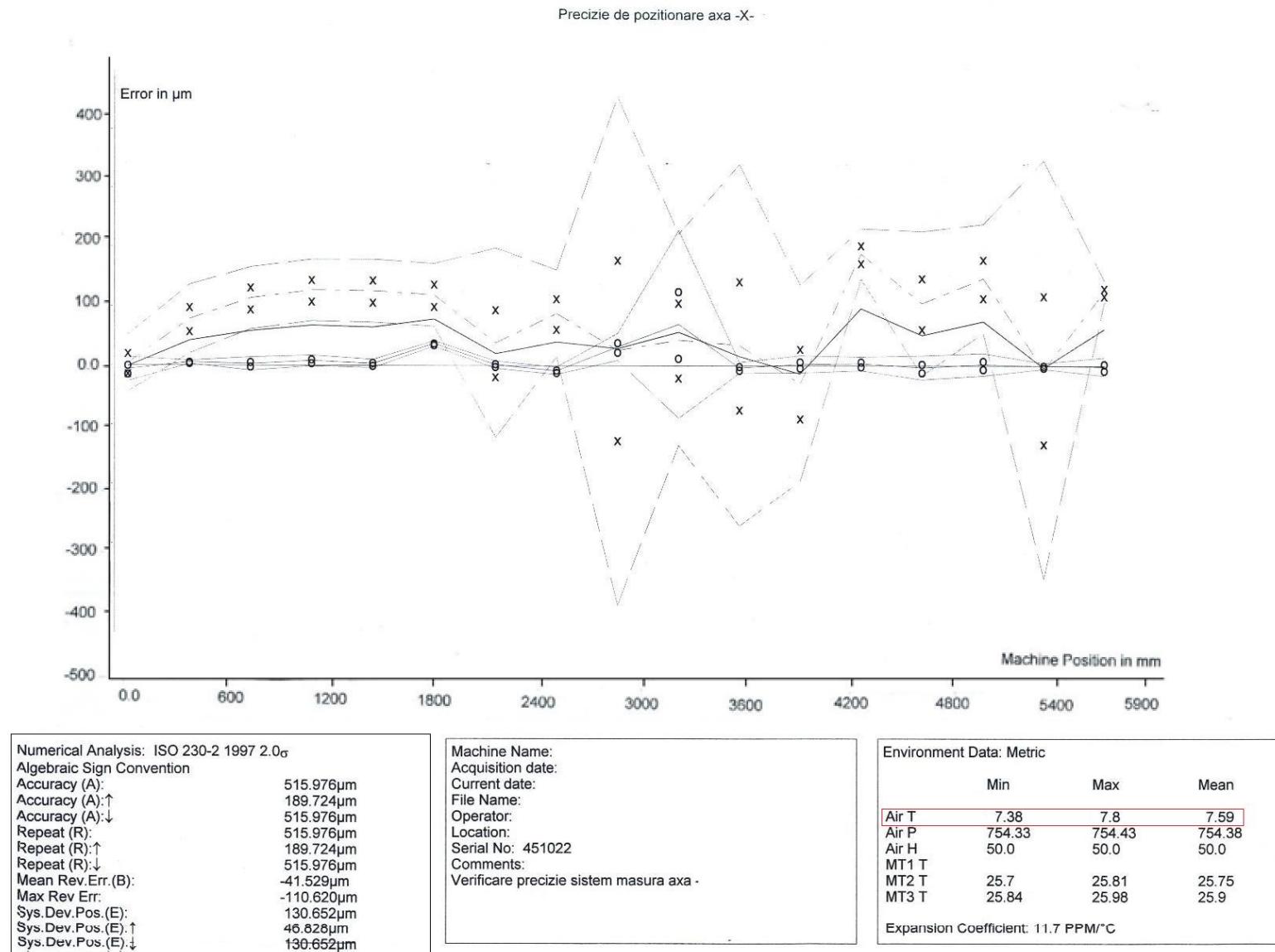
## **6.3. DIRECTII DE CERCETARE ÎN PERSPECTIVĂ**

Certetările teoretice și experimentale, în perspectivă sunt, în prezent, îndreptate spre utilizarea altor materiale pentru fabricarea componentelor sistemelor de măsurare a MU, din materiale cat mai stabile termic. Astfel, punerea în funcțiune a unei astfel de MU pentru piese de dimensiuni mari și foarte, la temperaturi variate, n-ar mai genera o serie de probleme.

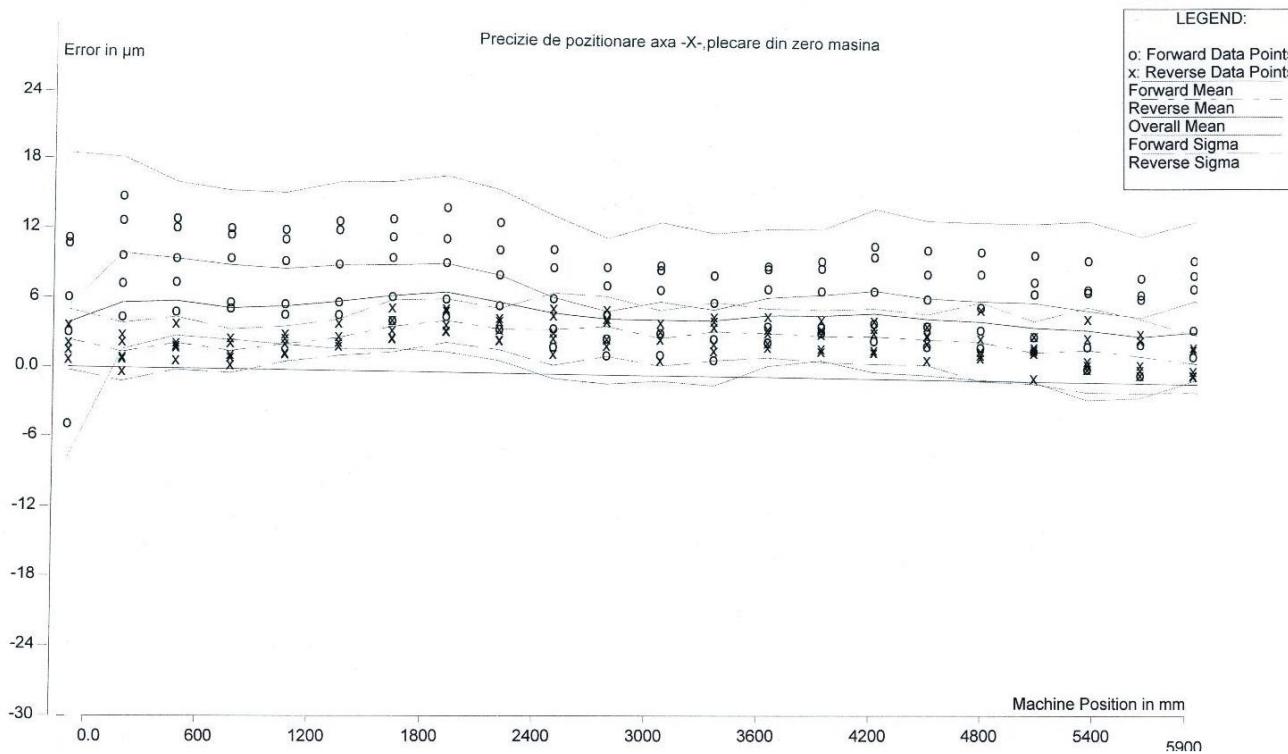
**DIAGRAMA FLUX A PROCESULUI**  
**„CONTROLUL NECONFORMITATILOR”**

Intrari (1)	Descrierea procesului (2)	Iesiri (3)	Responsabil (4)
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica, proceduri, standarde		Eticheta „Produs neconform”, RN, completat in cap.I si II.	Sectii productie, Serviciul C.T.C.
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica	DA	RN, completat in cap.III	Sectii de productie
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica		RN, completat in cap.IV A si B	Sectia Proiectare
Procesarea cererilor de Derogare		RN, completat in cap.IV C	Responsabil proiect
Procesarea cererilor de Derogare		Cerere de Derogare- completat	Responsabil proiect
Propuneri client		Cerere de Derogare si/ sau fax, e-mail, posta	Responsabil proiect
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica, Cerere de Derogare, RN		Cerere de Derogare- completata cu solutia de rezolvare a neconformitatii	Responsabil proiect
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica, Cerere de Derogare, RN		Fise tehnologice	Sectia Proiectare
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica, Cerere de Derogare, RN		Fise tehnologice RN- completat	Sectia Proiectare
Documentatie de proiectare constructiva/ documentatie tehnologica, Cerere de Derogare, RN si anexe		ROC- completat	Serviciul C.T.C.
RN- completat in cap. IVA		RN- completat si toate documentele insotitoare anexe	Serviciul C.T.C.
		RN- completat si toate documentele insotitoare anexe	Director Executiv
		Nota de predare magazine- rebut	Sectii productie, Serviciul C.T.C.

În fig.5.2, este redată reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna ianuarie 2017. Temperatura la care s-a efectuat verificarea este de aproximativ 8°.



În fig.5.3, este redată reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată după introducere corecții, luna ianuarie 2017. Temperatura la care s-a efectuat verificarea este de aproximativ 8°.



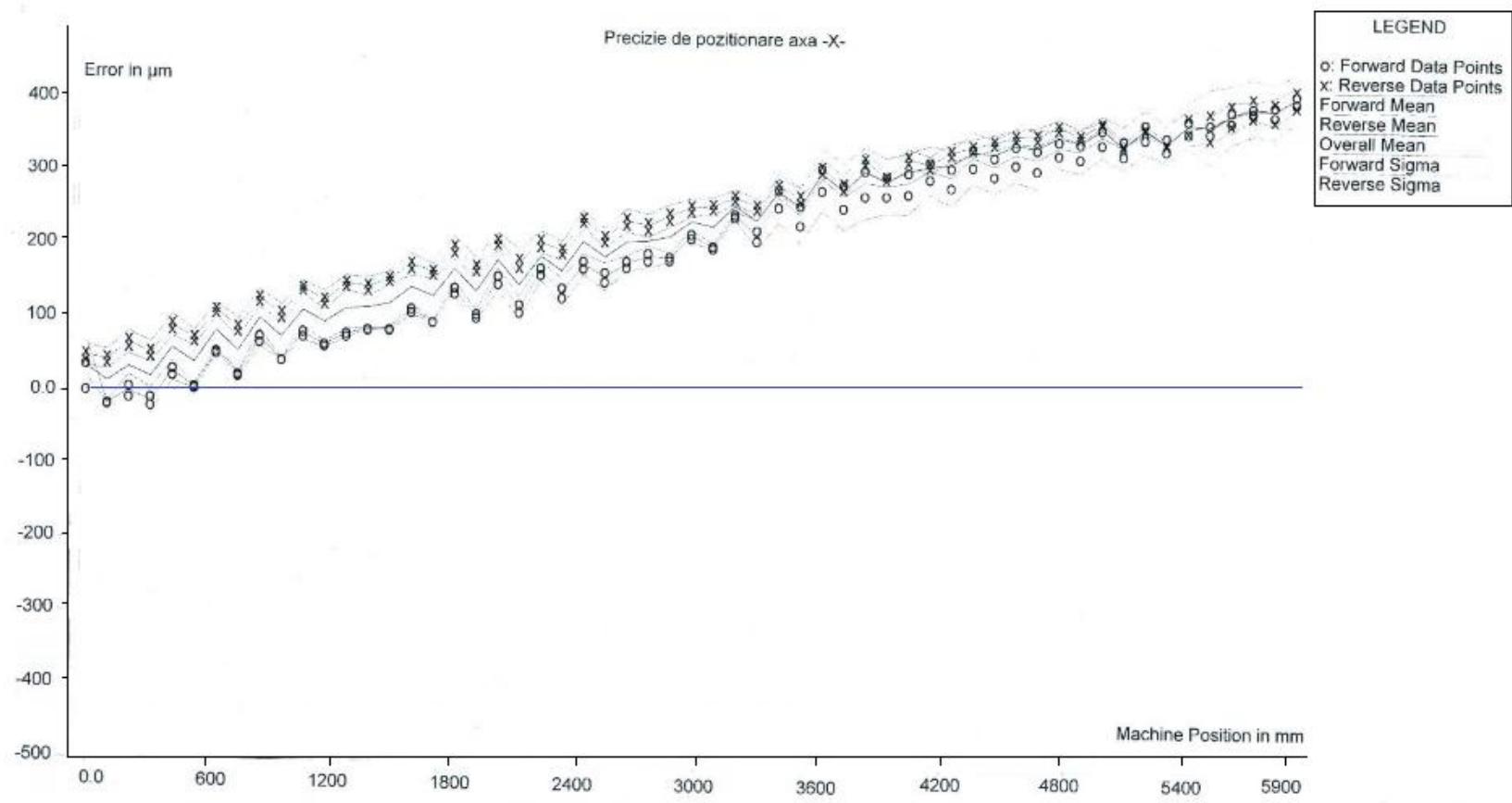
Numerical Analysis: ISO 230-2 1997 $2.0\sigma$
Algebraic Sign Convention
Accuracy (A): 26.357 $\mu\text{m}$
Accuracy (A):↑ 26.357 $\mu\text{m}$
Accuracy (A):↓ 8.833 $\mu\text{m}$
Repeat (R): 26.357 $\mu\text{m}$
Repeat (R):↑ 26.357 $\mu\text{m}$
Repeat (R):↓ 7.338 $\mu\text{m}$
Mean Rev Err.(B): 4.530 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos.(E): 8.834 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos.(E):↑ 4.576 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos.(E):↓ 3.425 $\mu\text{m}$

Machine Name: Pama
Acquisition date:
Current date:
File Name: PAMA3Y.LIN
Operator:
Location:
Serial No: 451045
Comments:
Verificare precizie sistem

	Min	Max	Mean
Air T	7.69	8.01	7.75
Air P	757.69	757.96	757.77
Air H	25.0	25.0	25.0
MT1 T	15.03	15.16	15.08
MT2 T	14.93	15.05	14.99
MT3 T			

Expansion Coefficient: 11.7 PPM/ $^{\circ}\text{C}$

În fig.5.4. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna februarie 2017:



Numerical Analysis: ISO 230-2 1997  $2.0\sigma$   
Algebraic Sign Convention

Accuracy (A):	492.541 $\mu\text{m}$
Accuracy (A):↑	484.755 $\mu\text{m}$
Accuracy (A):↓	468.473 $\mu\text{m}$
Repeat (R):	41.892 $\mu\text{m}$
Repeat (R):↑	40.086 $\mu\text{m}$
Repeat (R):↓	41.892 $\mu\text{m}$
Mean Rev Err (B):	-15.157 $\mu\text{m}$
Max Rev Err:	-27.304 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos (E):	473.389 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos (E):↑	472.945 $\mu\text{m}$
Sys.Dev.Pos (E):↓	449.544 $\mu\text{m}$

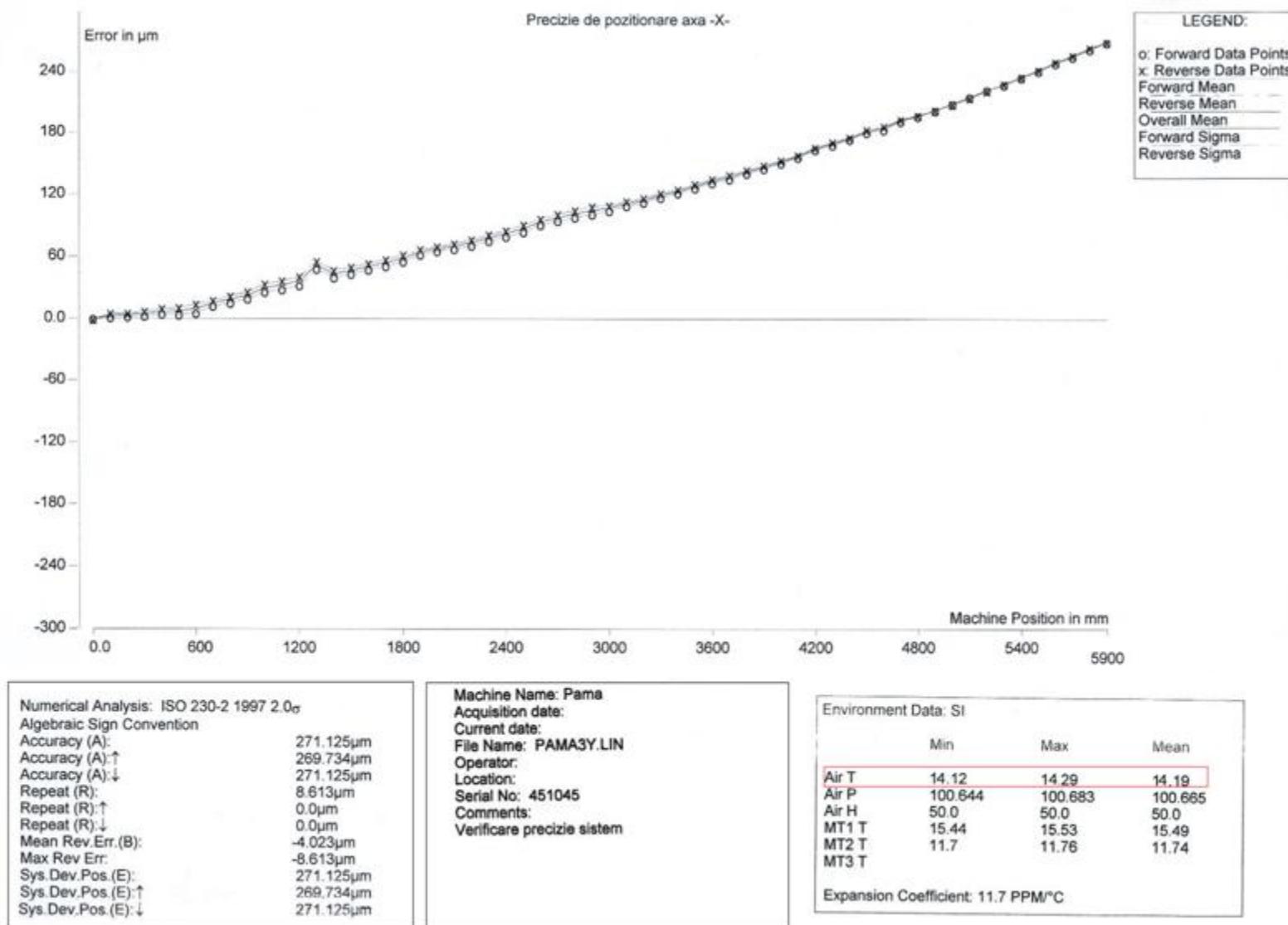
Environment Data: Metric

	Min	Max	Mean
Air T	12.19	12.38	12.26
Air P	746.81	747.2	747.03
Air H	50.0	50.0	50.0
MT1 T	13.58	13.68	13.62
MT2 T	12.4	12.41	12.41
MT3 T			

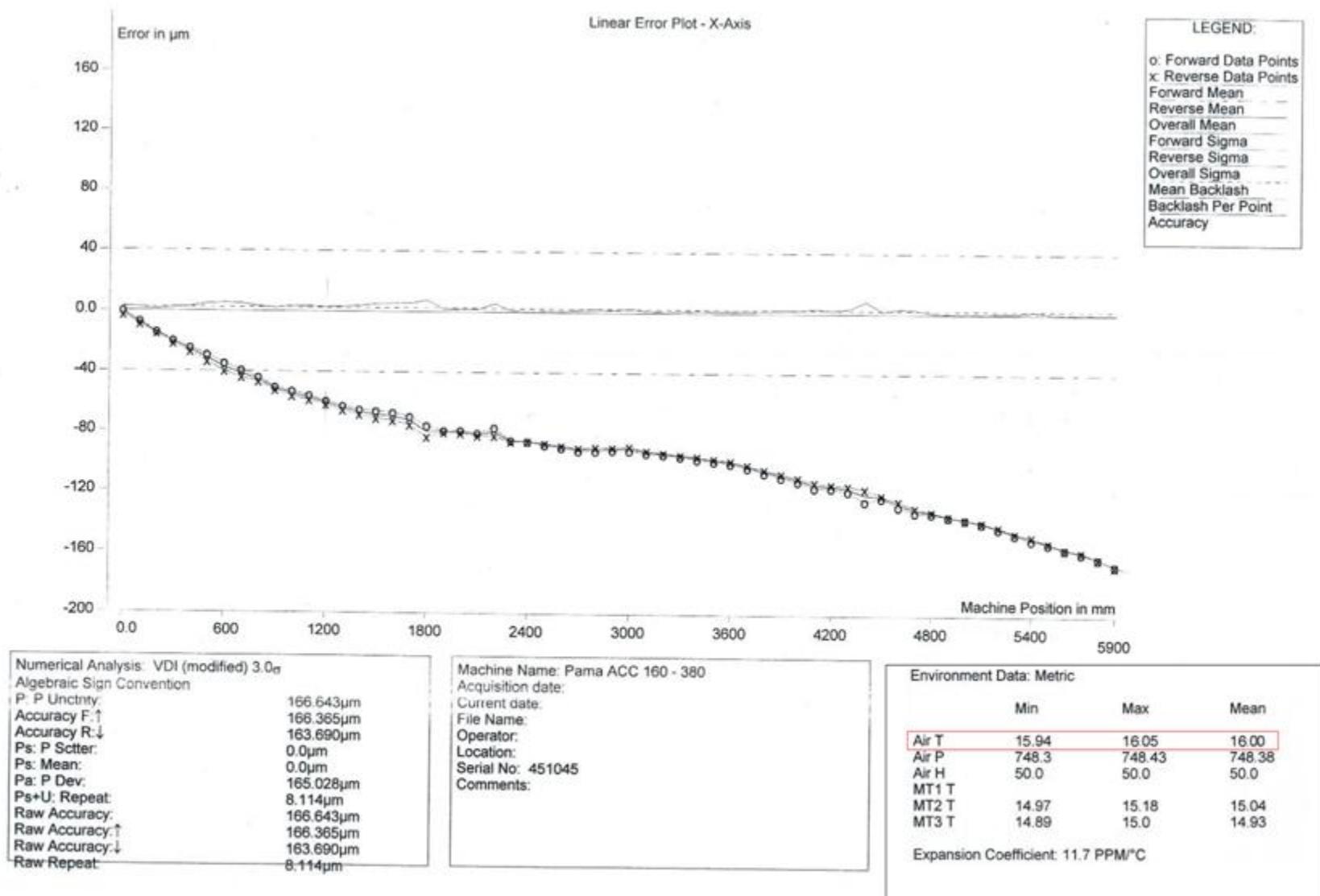
Expansion Coefficient: 11.7 PPM/ $^{\circ}\text{C}$

Machine Name: Pama  
Acquisition date:  
Current date:  
File Name: PAMA3X.LIN  
Operator:  
Location:  
Serial No: 451045  
Comments:  
Verificare precizie sistem masura axa - X  
(Plecare din zero masina).

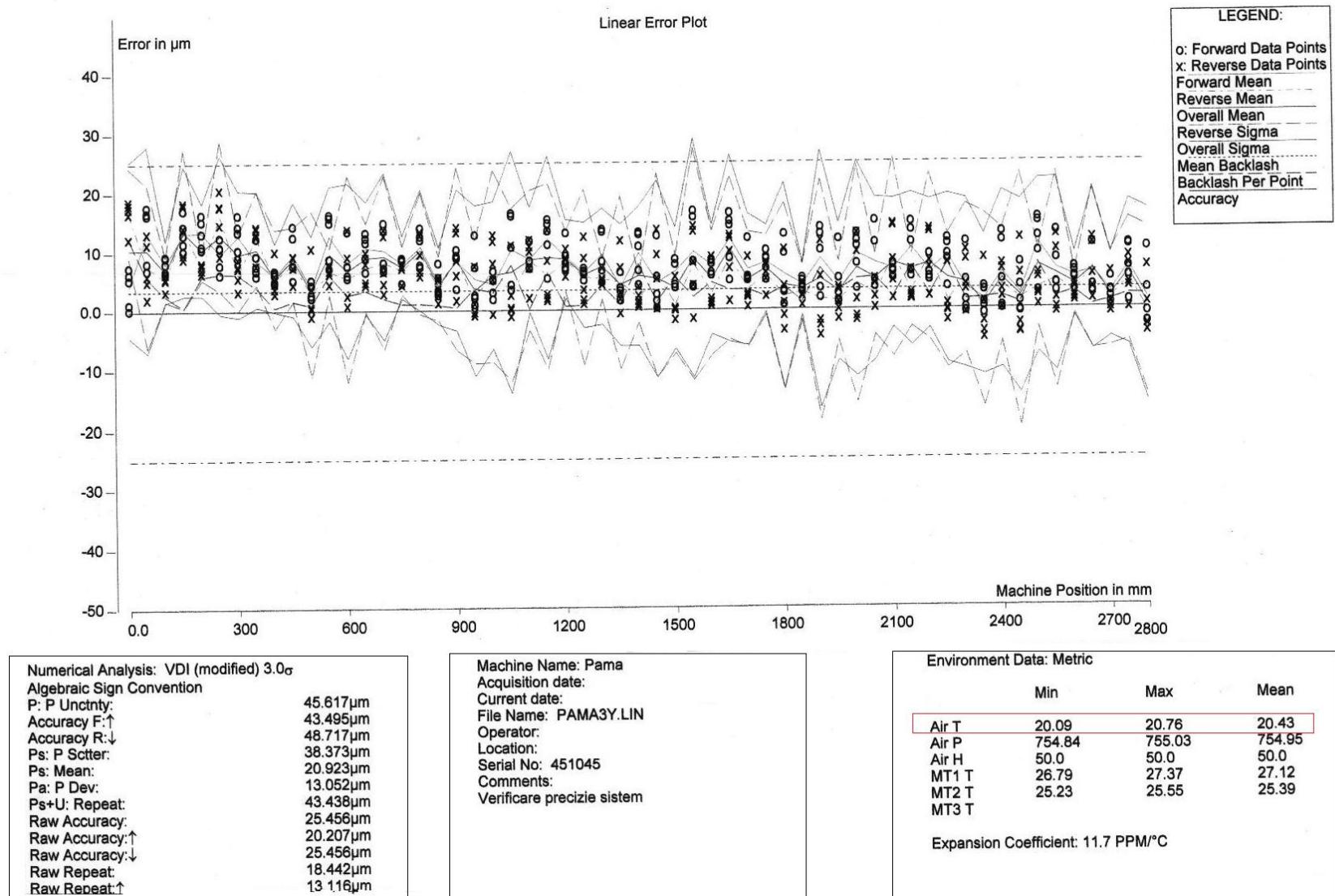
În fig.5.5. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna martie 2017:



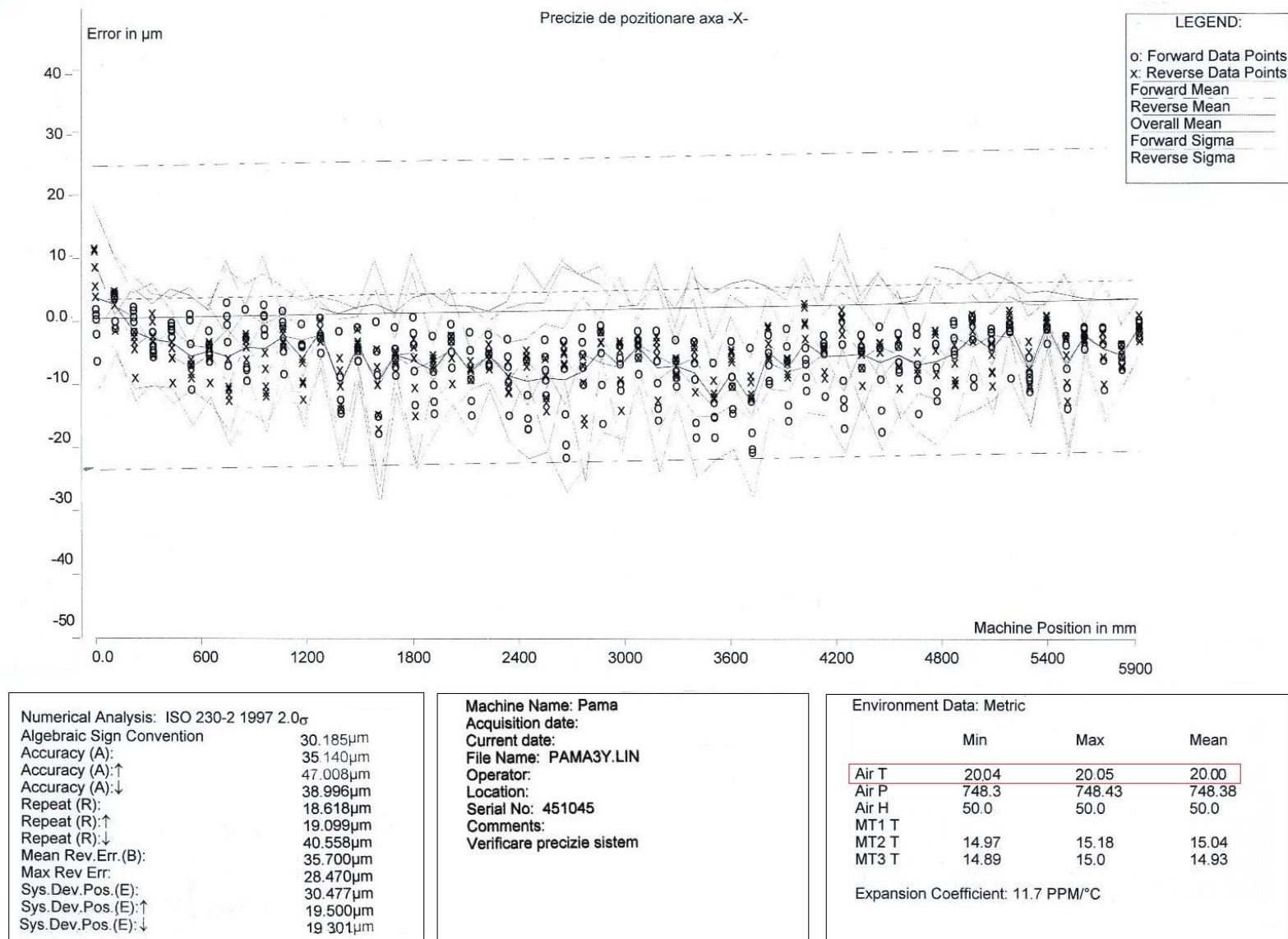
În fig.5.6. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna aprilie 2017:



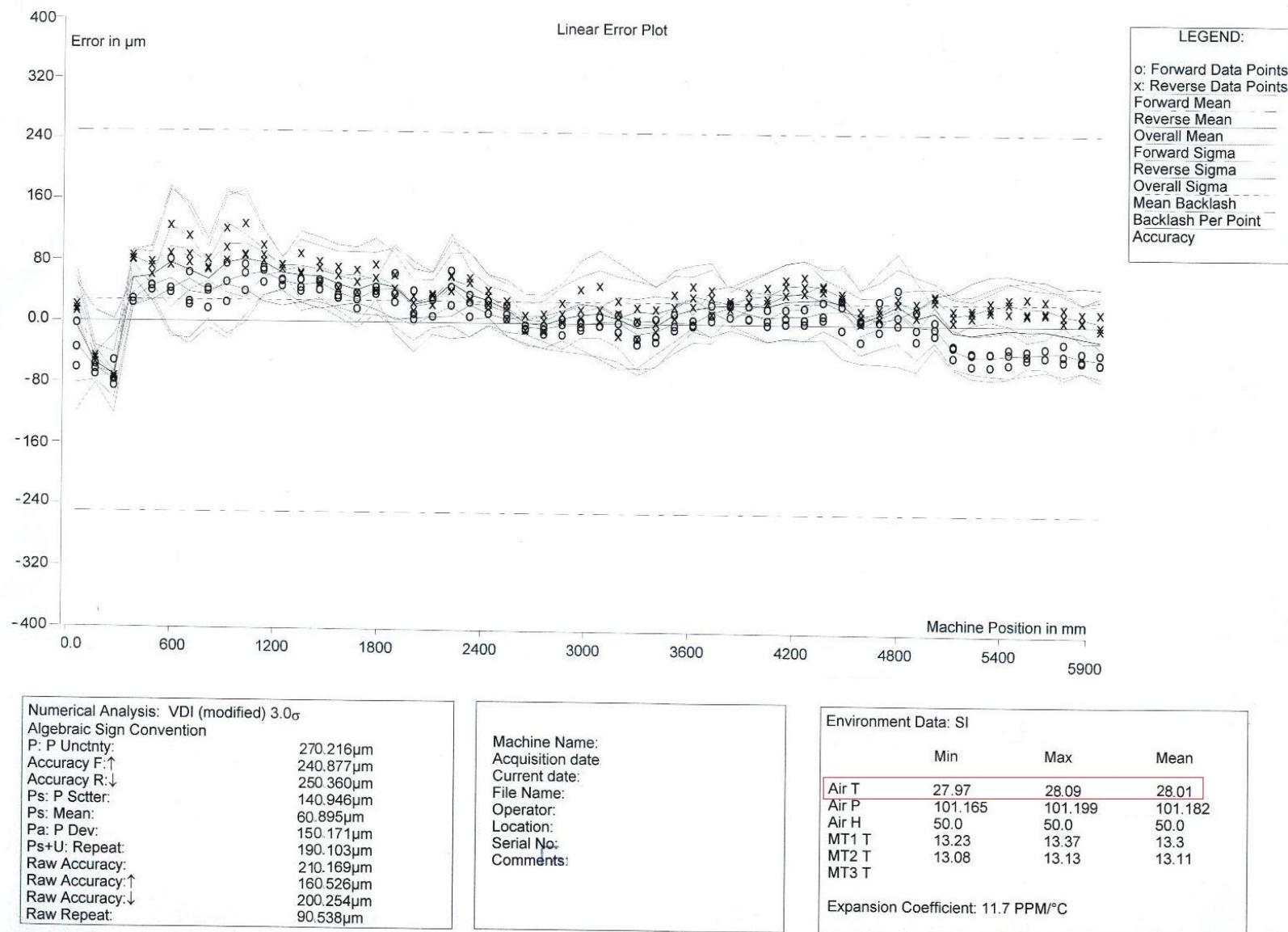
În fig.5.7. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna mai 2017:



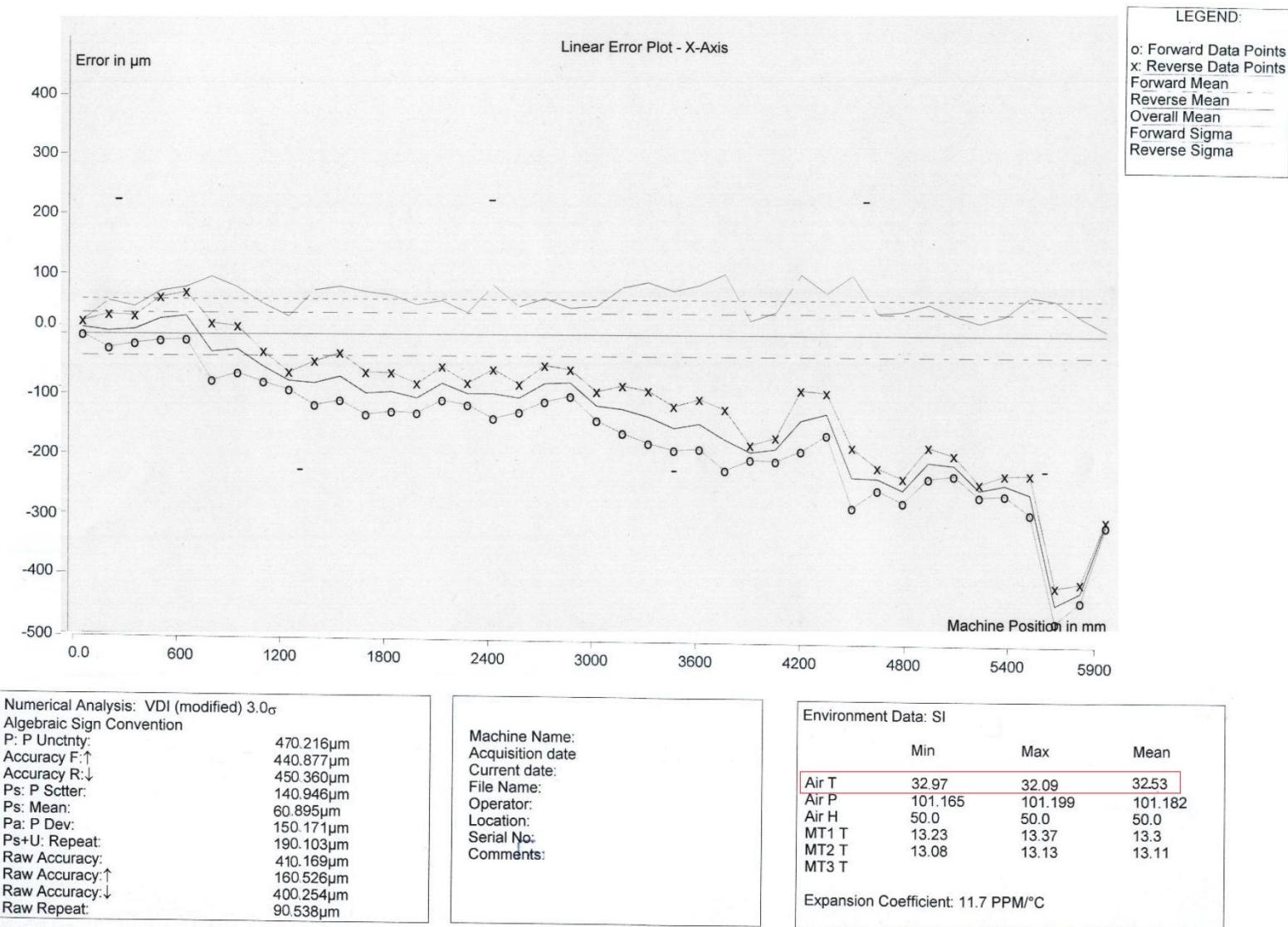
În fig.5.8. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna iunie 2017:



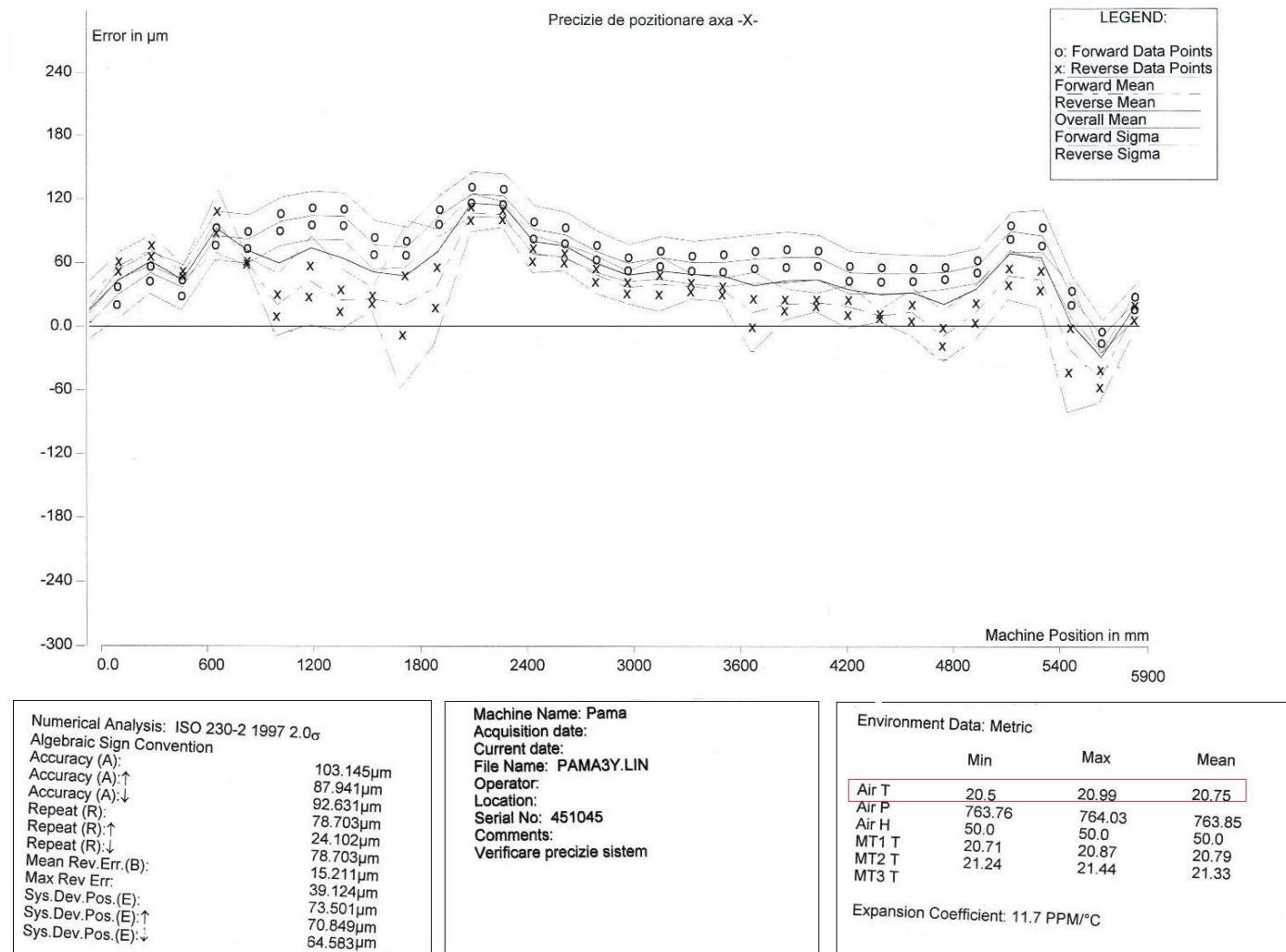
În fig.5.9. Reprezentarea grafică a verificări cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna iulie 2017:



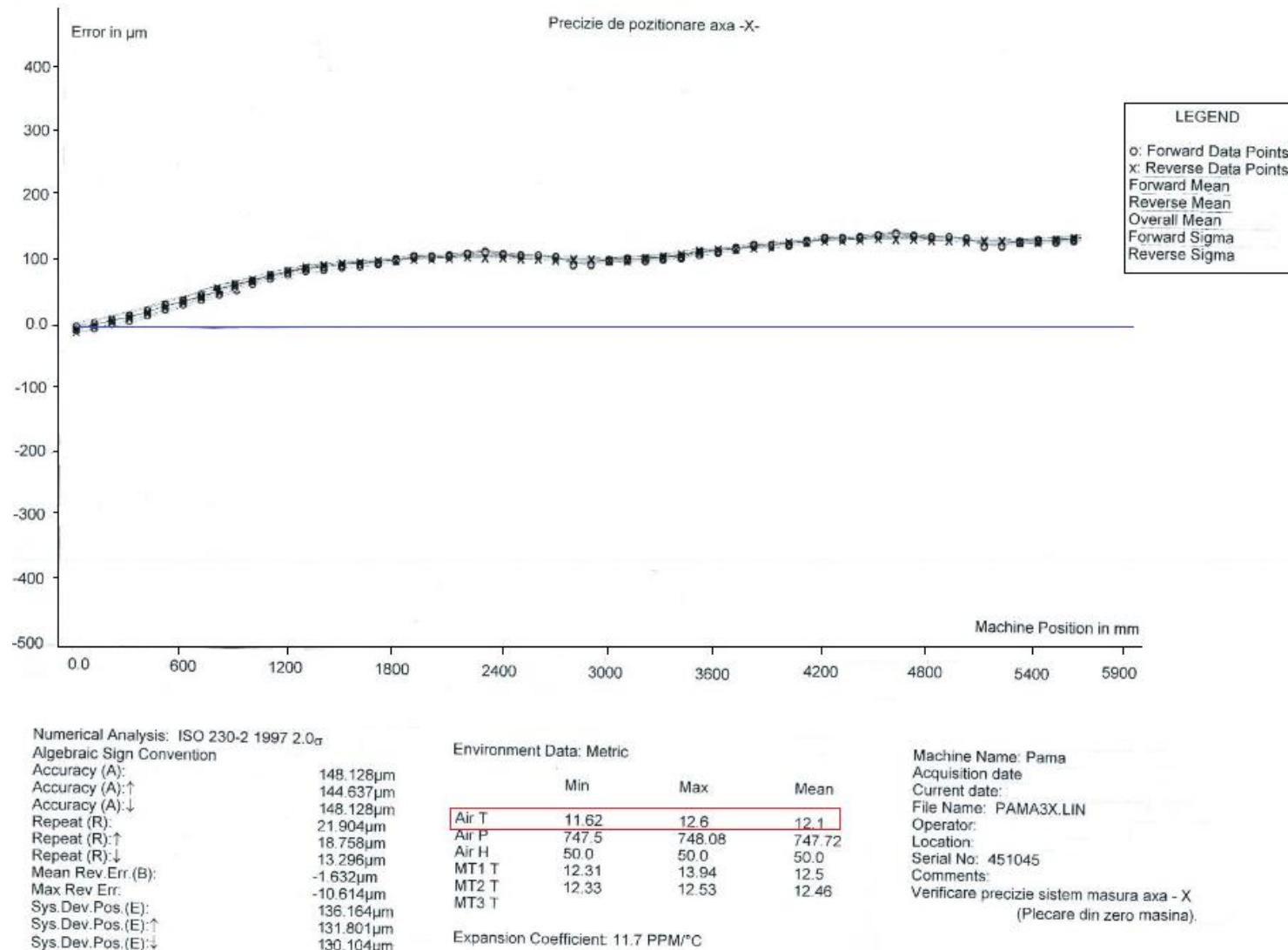
În fig.5.10. Reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna august 2017:



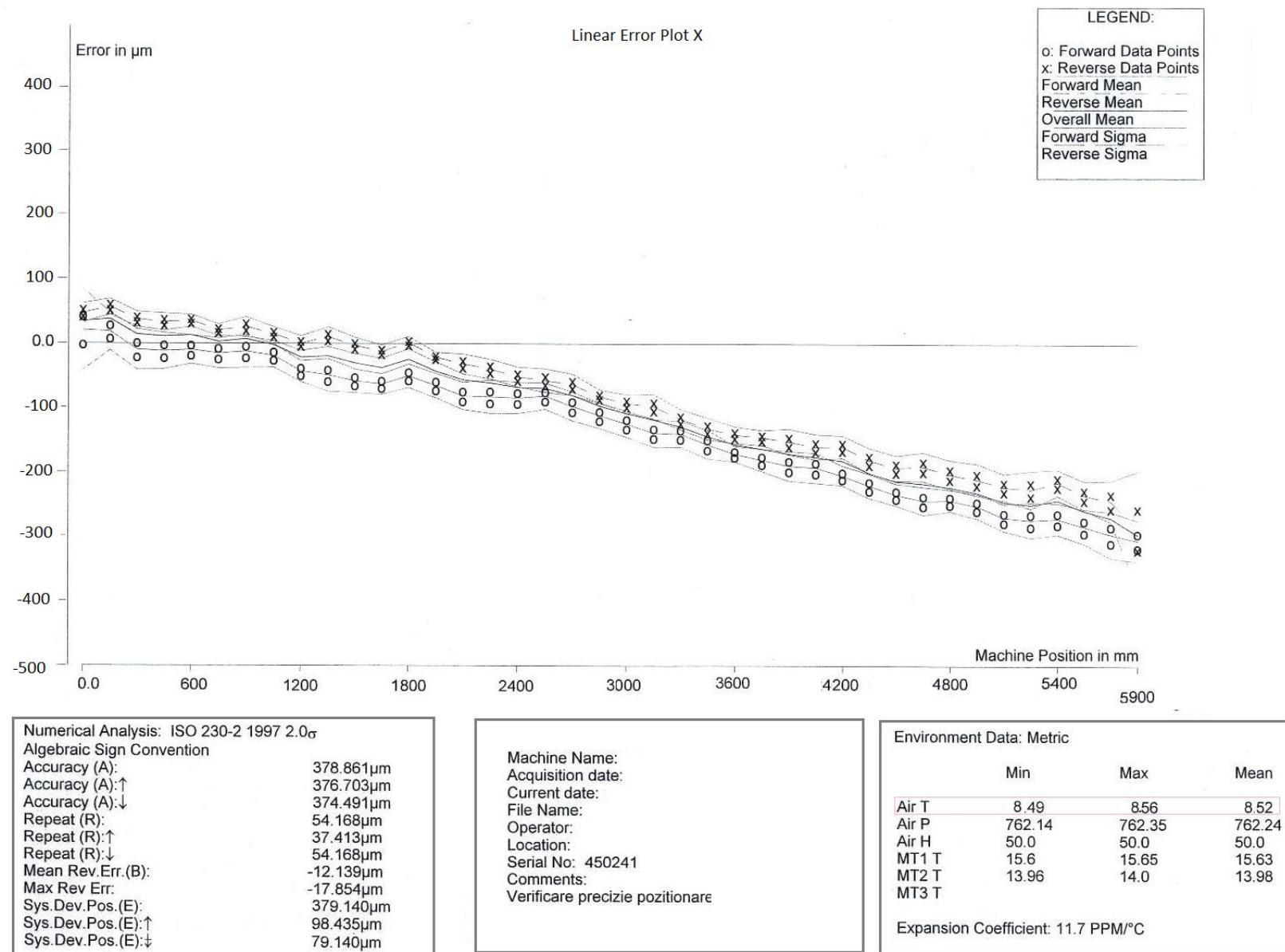
În fig.5.11. Reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna septembrie 2017:



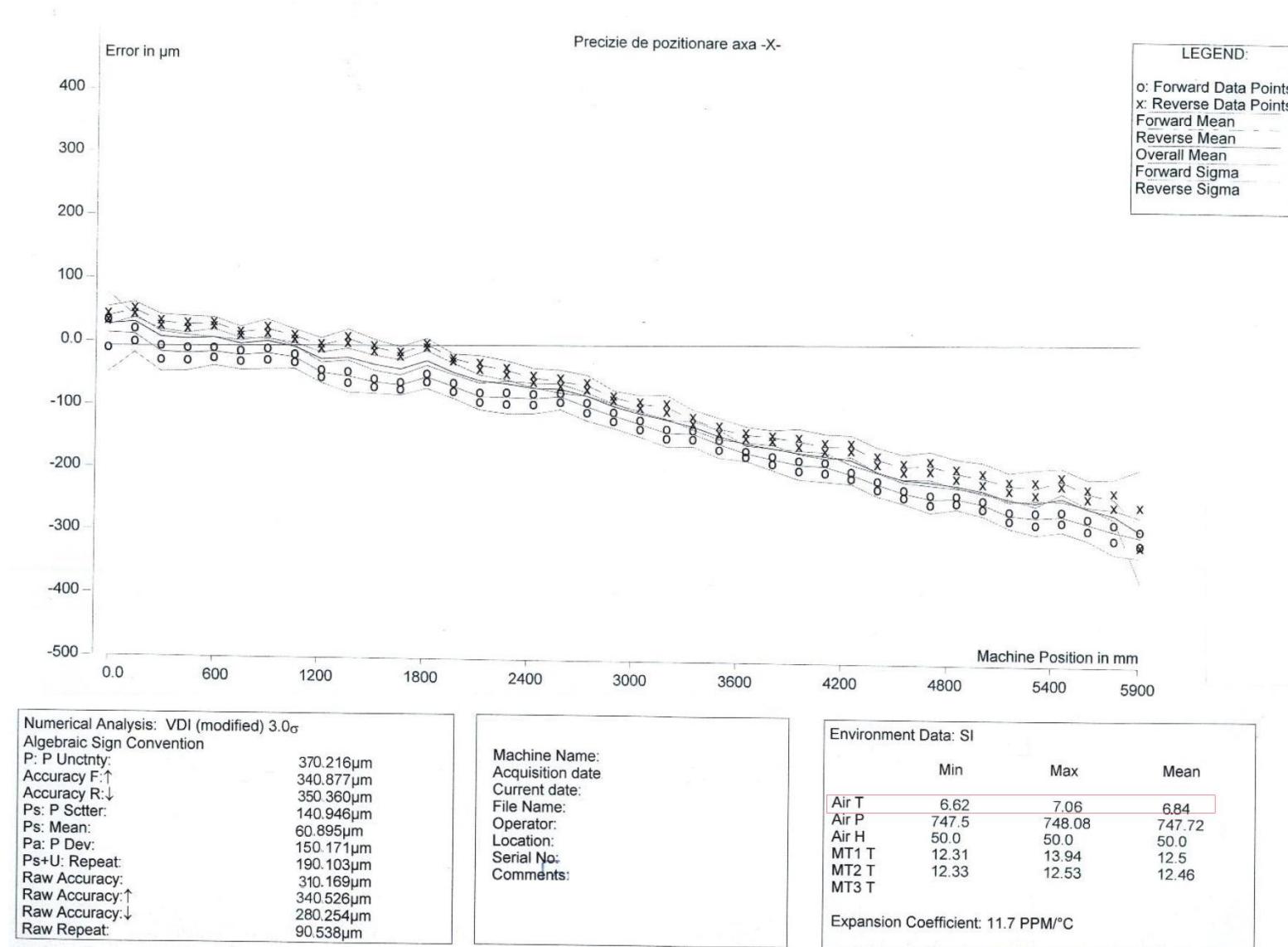
În fig.5.12. Reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna octombrie 2017:



În fig.5.13. Reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna noiembrie 2017:



În fig.5.14. Reprezentarea grafică a verificării cu aparatul laser interferometru, efectuată în luna decembrie 2017:



## BIBLIOGRAFIE

1. Amza, Gh., Radu, C., Amza, C. Gh., Nițoi, D.F., Borda, C., Mincă, A.C., Marinescu, M.N., Buțu, L., Dumitrache- Rujinski, A., Apostolescu, Z.- Tehnologia materialelor- Proiectarea proceselor tehnologice, vol.VI, Editura Printech, București, 2006;
2. Amza, Gh., Radu C., Apostolescu, Z., Amza, C. Gh., Dumitrache- Rujinski, A., Gârleanu, G., Gârleanu, D.- Procese de operare, vol.I, Editura Printech, București, 2001;
3. Amza, Gh., Radu, C., Apostolescu, Z., Amza, C. Gh., Dumitrache- Rujinski, A., Gârleanu, G., Gârleanu, D.- Procese de operare, vol.II, Editura Printech, București, 2001;
4. Amza, Gh., Radu, C., Apostolescu, Z., Amza, C. Gh., Dumitrache- Rujinski, A., Gârleanu, G., Gârleanu, D.- Procese de operare- Elemente de proiectare, vol.IV, Editura Printech, București, 2008;
5. Amza, Ghe., Dumitru, G.M.; Rândășu, V.O. - Tehnologia materialelor, ediția a 2-a, Editura Tehnică București, 1999;
6. Amza, Ghe., s.a.- Sisteme ultraacustice, Editura Tehnică București, 1988;
7. Amza, Ghe.- Ultrasunete. Aplicații active, Editura A.G.I.R., București, 2006;
8. Asif, M. & de Bruin, E.J. & Fisscher, O.A.M.- Process embedded design of integrated management systems. International Journal of Quality & Reliability Management, 2008, 25(3): 261-282;
9. Bărbulescu, C.- Managementul producției industriale, Editura SYLVI, București, 1998;
10. Baron, T., Maniu, A.I., Tovissi, L., Niculescu, D., Baron, C., Antonescu, V., Roman, I.- Calitate și fiabilitate, Editura Tehnică București, 1988;
11. Badea, F.- Managementul producției industriale, Editura ALL, București, 1998;
12. Badea, F.- Strategii economice ale întreprinderii industriale, Editura ALL, București, 1998;
13. Badea, F.- Sisteme avansate de producție utilizate pentru tipul de producție de serie mică și individuală, Economia, nr.2/ 1994;
14. Betbeze, J.P.- Economie de l'entreprise contemporaine, Edition Nathan, Paris, 1989;
15. Bagiu, L.- Toleranțe și măsurători tehnice, Vol.1 si 2- Universitatea Tehnică Timisoara, 1992;
16. Bernardo, M., Casadesus, M., Karapetrovic, S. & Heras, I.- How integrated are environmental, quality and other standardized management systems? An empirical study, Journal of Cleaner Production, 2009, 17(8): 742–750;
17. Bergman, B. & Klefsjö, B.- Quality from Customer Needs to Customer Satisfaction, Second Edition, Studentlitteratur, Lund, 2003;
18. Bernardo, M., Casadesus, M., Karapetrovic, S. & Heras, I.- How integrated are environmental, quality and other standardized management systems? An empirical study, Journal of Cleaner Production, 2009, 17(8): 742–750;
19. Bergman, B. & Klefsjö, B.- Quality from Customer Needs to Customer Satisfaction, Second Edition, Studentlitteratur, Lund, 2003;
20. JL Burati, JJ Farrington, WB Ledbetter, Causes of quality deviations in design and construction, J. Constr. Eng. Mgt. 118(1) (1992) 34-49
21. Marius Bulgaru \*, Lucian Fulea, Marian Borzan, Vlad Bocăneț, Silviu Ilas, Using Six Sigma Methodology to Reduce Nonconformities, Applied Mechanics and Materials (Volumes 809- 810), Innovative Manufacturing Engineering 2015, Pages 1287-1292
22. Constantinescu, D.A., Ungureanu A.M., Breban E., Opran A., Rotaru A., Savu C.- Managementul producției industriale, Editura Colecția Națională, București, 2000;
23. Creța, G.- Thermal engineering treatly, gas and steam turbines, Editura AGIR, Bucharest- 2011, Roumania;

24. Constantinescu, I.N.- Măsurarea mărimilor mecanice cu ajutorul tensometriei, Editura Tehnică București, 1989;
25. Cioată, F.- Toleranțe și control dimensional, Note de curs, Iași, 2013;
26. Cioată, F., Munteanu, A.- Manual de aplicații la toleranțe și control dimensional, îndrumar de laborator, Iași, 2015;
27. Croitoru, I., Ungureanu, C.- Control tehnic, Chișinău, Ed. Tehnică Info, 2004.
28. Constantin Dima, I., Nedelcu, M.V.- Management Industrial, Editura Național, București, 2000;
29. Chircor, M., Zăgan, R., Chițu, G.- Elemente fundamentale de tehnologia materialelor, Editura EX PONTO, Constanța 2005, I.S.B.N.973-644-447-3;
30. Dale, B. G.- Managing Quality , Prentice-Hall International (UK) Limited 1990;
31. Dragu, D., Bădescu, Gh., Sturzu A., Militaru, C., Popescu, I.- Toleranțe și măsurători tehnice, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982;
32. Drumeanu, A.C.- Ingineria Calității, Universitatea Petrol- Gaze Ploiești, 2007;
33. Dudek-Burlikowska, M., Szewieczek, D.- The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Vol.36, No.1, 2009;
34. Dumitru, G.M., Radu, C-tin., Dumitru, B.- Recondiționarea și repararea produselor, Editura Printech, București, 2010;
35. Dudek-Burlikowska, M., Szewieczek, D., The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, vol. 36, No.1, 2009.
36. Feigenbaum, A. V.- Total Quality Control, 3rd Edition, McGraw-Hill Inc, 1991;
37. Georgescu, G.S.- Îndrumător pentru atelierele mecanice, Editura Tehnică, București, 1978;
38. Gheorghe, Gh.I., Pau, V., Palade, D.D.- Tehnica Măsurării, partea I, Editura Cefin, București, 2001;
39. Gheorghe, Gh.I., Pau, V., Palade, D.D.- Ingineria Instrumentației - Partea III - Echipamente de măsurare, reglare și control pentru procese industriale, Editura Cefin, București, 2000;
40. Gheorghe, Gh.I., Pau, V., Palade, D.D.- Ingineria Instrumentației - Partea II - Instrumente, aparate și sisteme de măsurare, verificare și control dimensional, Editura Cefin, București, 2000;
41. Goran, M., Bușaru, A.E., Militaru, E.M., Dumitru, M.G., Hudea, L.- "Modeling process control by Eddy Currents of thermal sprayed coatings"; Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;
42. Goran, M., Militaru, E.M., Dumitru, M.G., Hudea, L.- "Applying the management principles of quality in the non-destructive control processes associated to reconditioning", octombrie 2015, The 7th International Conference of Management and Industrial Engineering ICME 2015- Management-The Key Driver for Creating Value; Editura Niculescu, Volumul 7/ 22-23 octombrie, 2015/ISSN-L 2344-0937; pag. 482-487;
43. Gheța, R.A.; Dumitru, B.; Dumitru, M.G.; Militaru, E.M.- "Thermo-mechanical analysis of sprayed layers using the finite element method", The Annals of "Dunarea de Jos" University of Galați, Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, No.2-2016, ISSN 1453-083X, [http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2\\_1\\_2016.pdf](http://www.fascicula9.ugal.ro/uploads/pdf/A2_1_2016.pdf);

44. *Gheorghe, D., Georgescu, C., Baroiu, N.- Toleranțe și control dimensional*"- Editura Scorpion, Galați, 2002;
45. *Garvare, R & Isaksson, R.- Sustainable Development: Extending the Scope of Business Excellence Models.* R. Measuring Business Excellence, 2001, 5(3): 11-15;
46. *Hütte- Manualul inginerului*, fundamene, Editura Tehnică, București, 2000;
47. \*\*\*<http://quality-one.com/fmea/>
48. \*\*\*<https://www.slideshare.net/hareeshkodanghat/introduction-to-ndt-and-visual-inspection>
49. \*\*\*<https://asnt.org/MinorSiteSections/AboutASNT/Intro-to-NDT.aspx>
50. *Hansson, J. and Eriksson, H.- Integrated management systems - theoretical and practical implications, QMOD 2005 “Quality Management for Organizational and Regional Development” 29 June – 1 July 2005. Palermo, Italy, 2005;*
51. *Ilieșcu, D.C., Vodă, V. Gh. – Statistică și toleranțe*, Editura Tehnică București, 1977;
52. *Ivanov Nikolay, A Study on Optimization of Nonconformities Management Cost in the Quality Management System (QMS) of Small-sized Enterprise of the Construction Industry*, Procedia Engineering, Volume 153 (2016), Pages 228-231
53. *Juran, J.M.- Calitatea produselor* - Editura Tehnică București 1974;
54. *Jørgensen, T. H. & Remmen, A. & Mellado, M. D.- Integrated management systems – three different levels of integration*. Journal of Cleaner Production, 2006, 14, 713-722;
55. *J. Uma Maheswaria OFOF\*, V. Paul C. Charlesrajb, G. Sandeep Kumara and S. P. Sreenivas Padala A Study on Assessment of Non-conformances using Multiple Domain Matrix: A Case Study from Metro Projects*, Procedia Engineering, Volume 145 ( 2016 ), Pages 622 – 629
56. *Karapetrovic, S.- Strategies for the integration of management system and standards. The TQM Magazine*, 2002, 14(1): 61-67;
57. *G. S. Kumar, Assessment of Non-Conformance report (NCR) based delays using Multiple Domain Matrix ( MDM): Case study of Metro Project*. M. Tech Thesis. Indian Institute of Technology, Delhi, 2015;
58. *T. Karkoszka, Audits as a Manner of Conformity Assessment and Improvement Guidelines in the Organisation, Key Engineering Materials, Advances in Manufacturing Systems (vol. 502)*, Pages
59. *Lau, R.S.M., Anderson, C.A.- “A three-dimensional perspective of total quality management”, International Journal of Quality and Reliability Management*, Vol. 15, No. 1, 1998;
60. *Munteanu, R., Panaite, V.- Control statistic și fiabilitate* - Editura Didactică și Pedagogică București 1982;
61. *Munteanu, R., Rusu, T.- Introducere în Ingineria Calității*, Editura Mediamira 2002 – ISBN- 973-9358-57-8;
62. *Militaru, E.M, Moroșanu, A.D., Hudea, L., Dumitru, M.G.- Research of NDT examination of the turbine parts using magnetic particles;/ Conference Proceedings of the Academy of Romanian Scientists/ Productica Scientific Session 29 May , 2015/ Volume 7 2015 Number 1/ ISSN 2067 – 2160/ Editura Academiei Oamenilor de Știință din România, București;*
63. *Militaru, E.M., Moroșanu, A.D., Goran, M., Dumitru, M.G.- “Research of NDT examination of the turbine components using liquid penetrant inspection” TEHNOMUS Journal New Technologies and Products in Machine Manufacturing Technologies*, 2017, ISSN- 1224-029X; E- ISSN-2247-6016, No.24-183-188 pg;
64. *Minciu, C. – Precizia și controlul angrenajelor*, Editura Tehnică București, 1984;
65. *Militaru (Bratu,) E.M., Gheța, R.A., Bratu, A.V. ; Dumitru, M.G, Iacobescu, G.- “Analysis of the treatment of non-conformities in the manufacturing process of turbine components, generators and compressors used in the energy industry”, în curs de publicare Buletin UPB 2018;*
66. Mirams, M., McElheron, P.- "Certificare ISO 9000", Editura Teora, București, 1999;

67. *Militaru, C.*-“Fiabilitatea și precizia în tehnologia construcțiilor de mașini”, Editura Tehnică, București,1987;
68. *Moroșanu, A.D., Militaru, E.M., Dumitru, M.G-* “Aspects regarding the traceability in temperature measurements”, The Annals of ”Dunarea de Jos” University of Galați, Fascicle IX. Metallurgy and Materials Science, No.4-2016, ISSN 1453-083X ;
69. *Melnic, L.V., Chircor, M., Zăgan, R.*- Cercetări operaționale. Fundamentarea deciziilor în managementul sistemelor de producție, Editura BREN, București 2006, I.S.B.N.973-648-544-7;
70. *Norma- EN 571-1, Non-destructive testing - Penetrant testing- Part 1: General principles*
71. *Neagu, C., Nițu, E., Melnic, L.,Catană, M.- Ingineria și managementul producției: Bazele teoretice*, Editura Didactică și Pedagogică, București, 2006;
72. *Naum, N., Mina, S., Zăgan, R.- Calitatea și Managementul Calității*, Editura Ex Ponto, Constanța, 2010, I.S.B.N.978-973-644-965-9;
73. *Olaru, M.- "Managementul Calității"*, Editura Economică, București, 1999;
74. *Plenert, G.- Total Quality Management (TQM) – Putting Structure behind the Philosophy, International Business Review*, No. 1, 1996;
75. *Popa, V, §.a.- Toleranțe și control dimensional*, Chișinău, Editura Tehnică Info, 2006.
76. *Panaite, V., Munteanu, R. – Control static și fiabilitate*, Editura Didactică și Pedagogică București,1982;
77. *Platon, V.- Sisteme avansate de producție*, Editura Tehnică, București, 1990;
78. *Prahalaad, C., K.- The Fortune at the Bottom of the Pyramid – Eradicating Poverty Through Profits*. Wharton School Publishing, 2006;
79. *Rusu, T.- Managementul calității produselor industriale*, Editura Universitatea Tehnică Cluj-Napoca, 1994;
80. *Rusu, T.- Managementul calității produselor industriale - Aplicații* , Editura Univ. Tehnică Cluj-Napoca 1995;
81. *Rusu, T.- Managementul calității* , Editura Mediamira 1998;
82. *Solomon, Gh., Cicic, D.-T., Bratosin, O., Nițu, L.D.- Managementul calității. Aplicații*, Editura Printech, București, 2014;
83. *STAS 8590 / 14-80- „Prelucrarea datelor. Fiabilitate, întreținere și disponibilitate. Terminologie”*
84. *STAS 10802-80- „Fiabilitatea aparatajului de joasă tensiune”*
85. *SR ISO 8258 + C1 / 1999- „Fișe de control Shewhart”*
86. *SR ISO 230-1 / 2000- „Cod de verificare pentru mașini-unelte , precizie geometrică”*
87. *SR ISO 230-2 / 2001- „Cod de verificare pentru mașini-unelte, precizie poziționare”*
88. *Stănescu, C. D.- Materiale și tehnologia materialelor*, UPB, 1989;
89. *Stănescu, C. D.- Tehnologii speciale în industria energetică*, OID, 1998;
90. *Suciuc, V., Suciuc, M.-V.- Studiul materialelor*, Editura Fair Parteners, București, 2007;
91. *SR EN ISO 9000: 2015- Sisteme de management al calității. Principii fundamentale și vocabular* ;
92. *SR EN ISO 9001: 2015- Sisteme de management al calității. Cerințe* ;
93. *SR EN ISO 9004: 2010- Conducerea unei organizații către un success durabil. O abordare bazată pe managementul calității* ;
94. *Standard SR EN 10228-2- “Non-destructive testing of steel forgings. Part 2: Penetrant testing”*;
95. *SR EN ISO 9712:2013- Examinări nedistructive. Calificarea și certificarea personalului pentru examinări nedistructive*;

96. SR EN 22768-1:1995- Toleranțe generale. Partea 1: Toleranțe pentru dimensiuni liniare și unghiulare fără indicarea toleranțelor individuale;
97. SR EN 22768-2:1995- Toleranțe generale. Partea 2: Toleranțe geometrice pentru elemente fără indicarea toleranțelor;
98. STAS 8100/6: 1990- Sistemul de toleranțe și ajustaje pentru dimensiuni liniare. Toleranțe fundamentale, abateri fundamentale și clase de toleranțe pentru dimensiuni peste 10000 mm până la 40000 mm;
99. SR EN ISO 17637:2017- Examinări nedistructive ale sudurilor. Examinarea vizuală a îmbinărilor sudate prin topire;
100. SR EN 10228-1:2016- Examinări nedistructive ale pieselor forjate din oțel. Partea 1: Examinare cu pulberi magnetice;
101. SR EN 10228-2:2016- Examinări nedistructive ale pieselor forjate din oțel. Partea 2: Examinare cu lichide penetrante;
102. SR EN 10228-3:2016-Examinări nedistructive ale pieselor forjate din oțel. Partea 3: Examinare cu ultrasunete a pieselor forjate din oțeluri feritice și martensitice;
103. SR EN 10228-4:2016-Examinări nedistructive ale pieselor forjate din oțel. Partea 4: Examinare cu ultrasunete a pieselor forjate din oțeluri inoxidabile austenitice și austenito-feritice;
104. SR EN ISO 19011:2011- Ghid pentru auditarea sistemelor de management;
105. SR ISO/TR 10013:2003- Linii directoare pentru documentația sistemului de management al calității;
106. *Smith, B.- Making war on defects: six-sigma design, IEEE Spectrum, vol. 30, no. 9, 1993;*
107. *Sofrone, E. - Contribuții privind mențenanța preventivă și corectivă a grupurilor din centralele termoelectrice, București, Universitatea Politehnica București, Facultatea de Energetică, 2006;*
108. SR EN ISO/CEI 17000:2005- Evaluarea conformității. Vocabular și principii generale;
109. SR EN 61078 / 2000 „Tehnici de analiză pentru siguranță în funcționare”;
110. SR ISO 10005: 2007- Sisteme de management al calității. Linii directoare pentru planurile calității
111. *Tummala, V. M. R., Tang, C. L.- “Strategic quality management, Malcolm Baldrige and European quality awards and ISO 9000 certification - Core concepts and comparative analysis”, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol. 13, No. 4, MCB University Press, 1996;*
112. *Taru, I., Georgescu, C., Otrocol, D. - Precizia și calitatea la prelucrarea materialelor, Editura Scorpion, Galați, 2002;*
113. *Voicu, M., Mihai, A., Dumitrache- Rujinski, A., Mateiaș G., Dumitrașcu, C., Popovici, V., Funar, S., Păușan, D.- Examinări nedistructive, Editura Printech, București, 2009;*
114. *Voicu, M., Severin, I.- Inițiere în Ingineria Calității, Editura BREN, București, 2000;*
115. *Wren, D.A.- The evolution of management thought, Wiley, New York, 1979;*
116. *Wilkinson, G., Dale, B.G.- Integrated management system: A Model based on a total quality approach. Managing Service Quality, 2001;*
117. *Wilkinson, G., Dale, B.G.- An examination of the 9001:2000 standard and its influence on the integration of management system, Production Planing and Control, vol.13, no.3, Taylor & Francis Ltd, 2002;*
118. *Wilkinson, G., Dale, B.G.-Integrated management system: an examination of the concept and theory, The TQM Magazine, 2002;*
119. *Whitfield, M.D.- Integrated Management System. An Interim Best Practice Approach, Nottingham Trent University, 2005;*
120. *Weber, F.- Toleranțe și control dimensional, Editura Mirton, Timișoara, 2008.;*

121. Wilkinson, G. and Dale, B. G.- Integrated management systems: an examination of the concept and theory, *The TQM Magazine*, 1999, 11(2): 95-104;
122. Wilkinson, G. & Dale, B.G.- Integrated management system: A Model based on a total quality approach. *Managing Service Quality*, 2001, 11(5): 318-330;
123. Zăgan, R., Melnic, L. V., Chircor, M.- Modelarea și simularea sistemelor de producție, Editura VIROM, Constanța 2004, I.S.B.N.973-86773-0-0;
124. Zecheru, Gh.- Tehnologia materialelor, Partea I și II, I.P.G. Ploiești, 1987;
125. Zecheru, Gh., Drăghici, Ghe.- Elemente de știință și ingineria materialelor, vol. 1 și 2, Editura ILEX și Editura Universității din Ploiești, 2001;
126. Zorlețean, T., Burduș, E., Căprărescu, Ghe.- Managementul organizației, Editura Holding Report, București, 1996;
127. Zutshi, A. & Sohal, A.S. (2005). Integrated management system – The experience of three Australian organisations. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2005, 16(2): 211-232;
128. \*\*\*<http://www.3dmicrosurf.ro/produse/renishaw-palpatori-capete-masura-etc/interferometru-laser>