

## MENTENANȚĂ BAZATĂ PE FIABILITATE

### 4. Definiții, enunțuri, concepte

#### 1. Conceptul de mentanabilitate bazată pe fiabilitate a sistemelor tehnice

Mentenanța bazată pe fiabilitate (MBF) corespunde unei politici de mentenanță care identifică în primul rând materialele critice ale căror consecințe de defectare funcțională sunt vitale pentru scopurile întreprinderii: securitate, disponibilitate, costuri, mentenabilitate, calitate.

MBF are drept obiectiv evitarea apariției defectărilor ale căror efecte se repercutează în termeni de costuri directe sau indirecte pentru întreprindere. Repartiția diferitelor costuri este reprezentată în fig. 1.1.

Pentru obiectivele mentenanței bazate pe fiabilitate defectările se clasifică în defectări funcționale și defectări potențiale.

O defectare funcțională este alterarea sau încetarea aptitudinilor unui ansamblu sau a unui material de a-și îndeplini funcțiile la performanțele

definite de specificațiile tehnice. Ca urmare a defectării ansamblul este indisponibil. O defectare potențială este o condiție fizică identificabilă care indică că o defectare potențială este iminentă. Faptul că defectările potențiale pot fi identificate este un aspect important al teoriei moderne de mentenanță deoarece permite utilizarea maximală a fiecărui element fără a suferi consecințele unei defectări funcționale.

Principiul unei mentenanțe preventive eficace se bazează pe determinarea simptomelor non ambigui care permit determinarea momentului în care se găsește punctul defectării potențiale.

Metoda MBF nu face apel decât la sarcinile de mentenanță preventivă eficace și aplicabile în a preveni în mod unic apariția modalităților de defectare asupra materialelor critice. Ea atribuie importanță

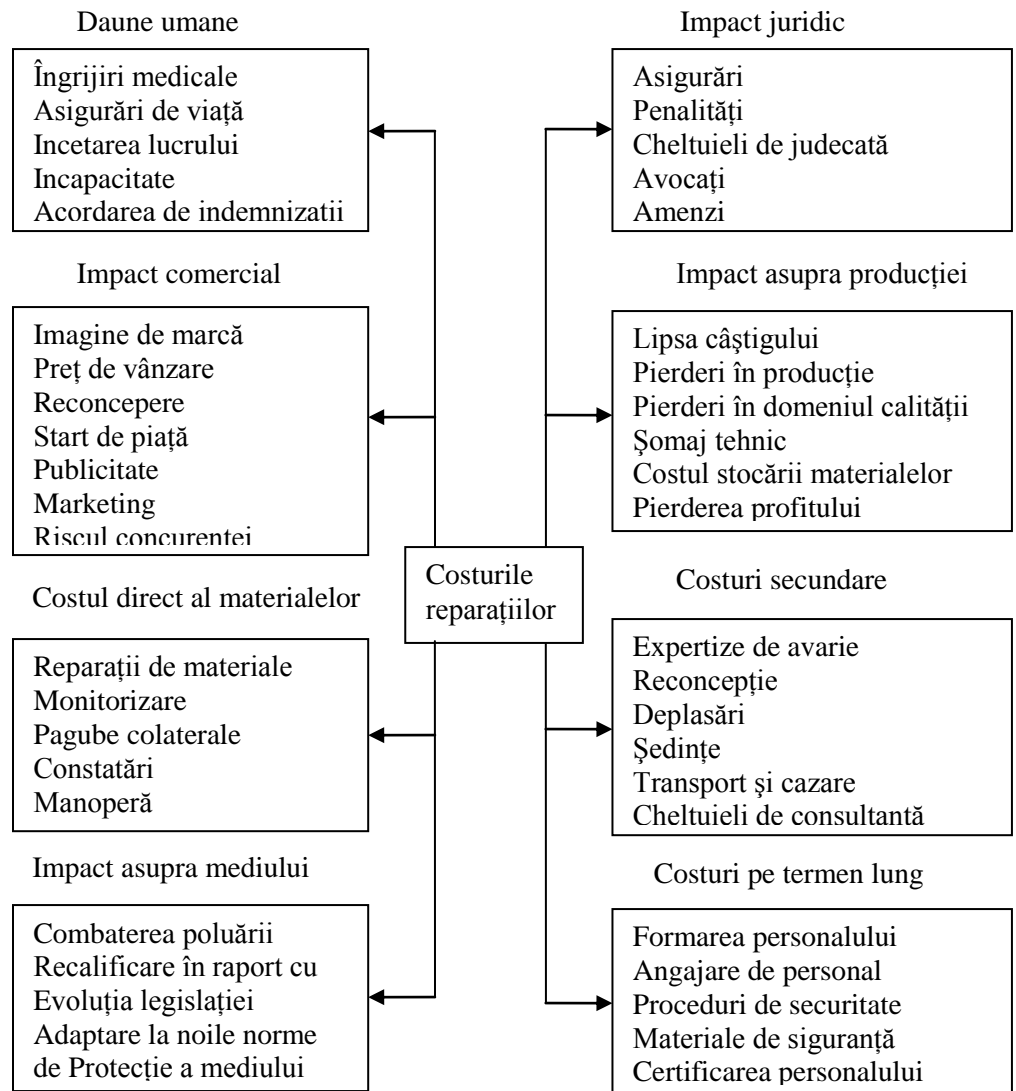


Fig. 1.1. Repartiția costurilor pe care defectările le implică

în principal detectării apariției defectărilor potențiale. Un program eficace de mentenanță planifică în mod unic sarcinile necesare pentru a atinge obiectivele prevăzute. O mentenanță aplicabilă trebuie să prevină situația apariției unei defectări a materialelor în timpul funcționării.

Obiectivele unui program de mentenanță eficace sunt următoarele:

- asigurarea reală a nivelurilor de securitate și de fiabilitate intrinseci ale materialului;
- restabilirea nivelurilor de securitate / fiabilitate la valorile intrinseci atunci când o degradare s-a produs;
- procurarea datelor necesare care să permită ameliorarea definerii elementelor a căror fiabilitate se dovedește insuficientă.
- realizarea acestor obiective pentru un cost total minimal, incluzând costurile relative la mentenanță împreună cu costurile relative defectărilor reziduale. Fiabilitatea intrinsecă corespunde acestei definiții din momentul concepției. O politică de mentenanță eficace nu ar putea niciodată furniza o fiabilitate operațională superioară fiabilității intrinseci în afară de cazul în care se modifică sau se reconcep materialele. Particularitățile MBF sunt legate de restaurarea fiabilității operaționale la nivelul fiabilității intrinseci așa cum este descrisă de cunoscuta curbă a fiabilității operaționale în cursul duratei de viață și influența operațiilor de mentenanță preventivă (în ipoteza că nu s-a efectuat nici o modificare)

Prin definiție mentenanța MBF face apel la utilizarea calitativă și cantitativă a variabilelor de fiabilitate pentru determinarea punctelor critice ale defectărilor și adaptarea de programe inițiale.

## 2. Indicatori de determinare a mentenabilității, disponibilității și fiabilității funcționale pentru un produs

2.1. Indicatorii de mentenanță Aceștia sunt în legătură cu timpii de mentenanță corectivă. O schemă bloc a acestor timpuri este redată în figura 2.1.

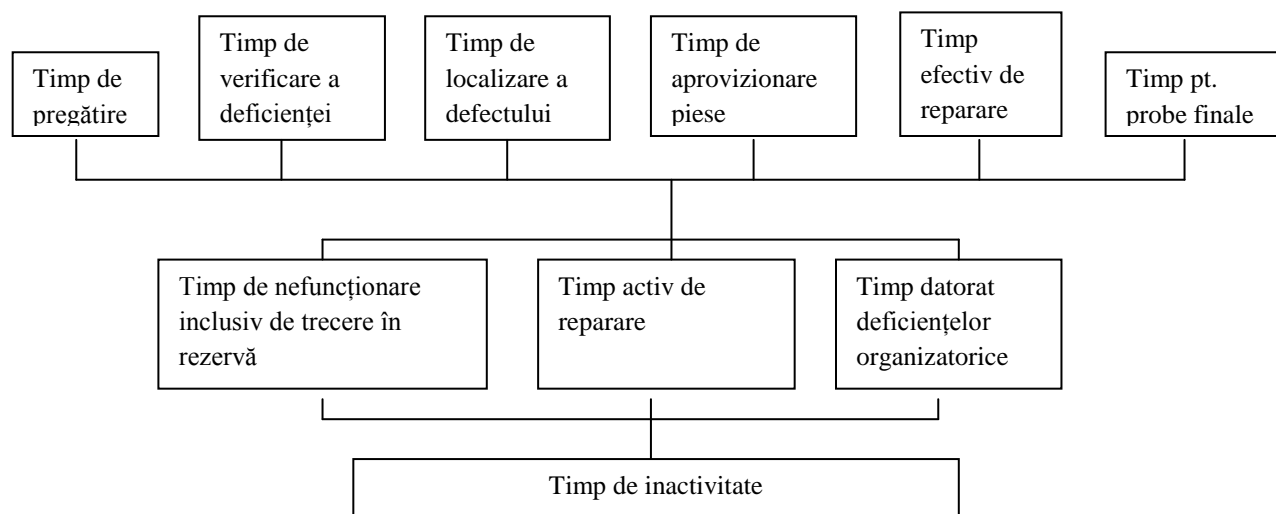


Fig. 2.1. Timpii de mentenanță corectivă

### 2.2. Indicatorii de mentenabilitate

Acești indicatori privesc acțiunile de mentenanță pentru cuantificarea cărora trebuie să se determine:

1. Posibilitățile de apariție a activităților de mentenanță;
2. Distribuția timpilor necesari pentru aceste activități ; deosebim:
  - a) Timpul mediu pentru efectuarea activităților de mentenanță;
  - b) Frecvența de apariție a necesității unor acțiuni de mentenanță.

Mentenabilitatea se determină:

- a1) Experimental – prin simulare în laborator, pe standuri și înregistrarea timpilor de intervenție;  
a2) Prin urmărirea comportării produsului la beneficiar și organizarea „bazelor de date tehnice”.

#### 2.2.2.3 Indicatorii de disponibilitate

Acești indicatori sunt legați de ciclul de funcționare al produsului:

- a) – media timpilor de bună funcționare (*MTBF*):

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_{bi}}{n}, \quad (2.1)$$

în care  $t_{bi}$  - timp de bună funcționare în fiecare din cele  $n$  perioade de funcționare.

- b) – rata căderilor ( $\lambda$ ):

$$\lambda = \frac{1}{MTBF}. \quad (2.2)$$

- c) – media timpilor de reparare (*MTR*):

$$MTR = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} t_{ri}}{n-1}, \quad (2.3)$$

unde  $t_{ri}$  - timp de reparare necesari remedierii celor  $n-1$  defectări.

- d) – rata reparațiilor ( $\mu$ ):

$$\mu = \frac{1}{MTR}. \quad (2.4)$$

- e) – disponibilitatea ( $A$ ):

$$A = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{MTBF}{MTBF + MTR}. \quad (2.5)$$

#### 2.2.2.4. Indicatori de fiabilitate funcțională:

$$R(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\lambda + \mu) \cdot T}, \quad (2.6)$$

în care  $T$  - durata normată de funcționare.

### 3. Diagnosticarea tehnică-cerință a exploatării raționale a echipamentelor tehnologice

Prin exploatarea mașinilor-unelte se înțelege totalitatea activităților cerute de utilizarea lor potrivit performanțelor și destinației, precum și toate formele de întreținere și de reparație.

Prin exploatarea rațională a m-u se înțelege: îmbunătățirea sistemului de utilizare, evaluarea stării tehnice și diagnosticarea tehnică a lor, în vederea înlăturării defectiunilor și asigurarea rentabilizării lor.

Îmbunătățirea sistemului de exploatare necesită rezolvarea optimă a următoarelor probleme:

1. Stabilirea criteriilor de evaluare și control a stării tehnice a m-u
2. Precizarea metodelor și criteriilor de analiză a nivelului exploatării m-u
3. Îmbunătățirea datelor referitoare la funcționarea m-u
4. Îmbunătățirea sistemului de normare a muncii și a evidenței în activitatea de exploatare.

O problemă importantă o constituie optimizarea indicatorilor cantitativi care să asigure fundamentarea științifică a ciclului de reparație și a perioadelor dintre reparații, căutarea de măsuri raționale pentru întreținerea, reparația, reviziile tehnice și creșterea eficienței economice a reparațiilor m-u grele și a agregatelor, calculul cantităților de piese de rezervă și al materialelor în stocuri, precizarea conținutului și volumului de reparații.

O evaluare justă a stării tehnice și a termenelor între reparații este posibilă prin aplicarea metodelor de diagnosticare date în STAS 8173/1-77, 8174/2-77, 8174/3-77 iar pentru sporirea eficienței m-u trebuie

urmărită optimizarea regimului de funcționare, reducerea numărului de opriri, alegerea tipului optim de m-u pentru fiecare prelucrare, îmbunătățirea securității și a organizării muncii.

Prin diagnosticarea tehnică a m-u se înțelege determinarea stării tehnice a mecanismelor, a subansamblelor și a întregii m-u, sub raportul gradului de funcționare la parametri de proiectare, prin metode și mijloace de verificare și control care nu necesită demontarea. Diagnosticarea presupune o succesiune logică a operațiilor de verificare a mecanismelor și subansamblelor care permite prevederea duratei după care este necesară o nouă diagnosticare sau efectuarea unor reparații. În urma diagnosticării în timpul exploatarei, fără demontare, o m-u poate fi găsită în stare tehnică normală sau anormală.

Diagnosticarea tehnică asigură căutarea și studierea cauzelor interne ale anormalității tehnice a m-u. Diagnosticarea poate fi obiectivă – când se bazează pe aparate de măsură și control, sau subiectivă – când se bazează pe organele de simț ale executantului sau pe aparate simple.

O exploatare rațională folosește următoarele grupe de forme de diagnoză:

- 1) funcționale – pentru evaluarea stării tehnice a m-u după eficiența obținută;
- 2) structurale – pentru descoperirea mecanismelor defecte și a felului defecționării;
- 3) generice – pentru determinarea cauzelor defecțiunilor m-u;
- 4) prognostice – pentru prevederea disponibilității viitoare în timp de funcționare;
- 5) metodice – pentru stabilirea metodelor raționale de înlăturare a defectelor m-u

Prin folosirea acestor forme de control, trebuie să se stabilească:

- Evaluarea eficienței funcționării prin indicatorii mecano-tehnologici;
- Determinarea consumului real de energie la mersul în gol/lucru față de normative;
- Determinarea jocului la îmbinarea pieselor;
- Determinarea temperaturilor lagărelor, uleiului, lichidului de răcire-ungere, etc.;
- Determinarea stării de vibrație și a nivelului de zgomot în funcționare;
- Determinarea gradului de uzură a uleiurilor de ungere, etc.;

Pentru a se trage o concluzie despre starea tehnică a m-u se folosesc și datele statistice despre starea m-u, observațiile operatorilor etc. O diagnosticare tehnică de calitate permite reducerea substanțială a consumului de manoperă și mijloace materiale pentru reparații. Metodele actuale de diagnosticare tehnică, nu permit încă stabilirea precisă a stării mecanismelor m-u fără demontarea ei, aceasta atât datorită lipsei de aparatură adecvată de control cât și datorită lipsei datelor tehnice privind normele de uzură limită a pieselor și a normativelor care stabilesc perioadele la care trebuie să se facă diagnosticarea tehnică a m-u.

#### **4. Organizarea și planificarea pe baze științifice a activităților de mentenanță în unitățile economice**

Pentru organizarea și planificarea pe baze științifice a activităților de mentenanță a m-u se utilizează un sistem de normative motivate tehnico-economic, elaborate de compartimentele de specialitate din instituții de cercetare și proiectare. Dintre aceste normative cele amintim:

1. Ciclul de reparații – normativ de bază caracterizat prin:

a) durata ciclului de reparații – intervalul de timp dintre două RK exprimat în ore de funcționare; se determină prin relații de calcul specifice. De exemplu, pentru un strung relația are forma:

$$p = \beta_{pr} \cdot \beta_{mt} \cdot \beta_{ut} \cdot \beta_g \cdot A_v, \quad (4.1)$$

unde:  $\beta_{pr}$ ,  $\beta_{mt}$ ,  $\beta_{ut}$ ,  $\beta_g$ , - coeficienți care depind de: tipul producției, materialele prelucrate, precizie și condițiile în care lucrează m-u, respectiv gradul de mărime al m-u, coeficienți care se dau tabelar în literatura de specialitate;  $A_v$  – coeficientul de vechime al m-u.

b) Structura ciclului de reparații – se definește prin numărul, succesiunea și felul reparațiilor care se efectuează în cadrul ciclului. Această structură este diferită în raport cu felul utilajului, gradul de uzură a pieselor și subansamblurilor, gradul de precizie în funcționare și timpul de funcționare.

2. Durata de funcționare între reparații succesive – reprezintă intervale de timp exprimat în ore de funcționare între două reparații, revizii sau controale succesive, determinat cu relații de forma:

$$t_r = \frac{P}{n_1 + n_2 + n_3 + 1}, \quad (4.2)$$

unde:  $n_1$ =numărul de RC I,  $n_2$ =numărul de RC II iar  $n_3$ =numărul de RT făcute în cadrul unui ciclu de reparații. Pentru operativitate, au fost elaborate normative și tabele cu valori pentru m-u așchietoare cu vechime <10 ani, între 10÷20 ani și > 20 ani.

3. Coeficienții de complexitate R – reprezintă normative care caracterizează fiecare m-u în parte din punctul de vedere al reparațiilor. Acești coeficienți rămân constanți pentru toate tipurile de reparații ale unei tipodimensiuni de m-u, variind însă valoarea și structura unității de complexitate a reparației în funcție de tipul reparației. Pentru strunguri paralele, de exemplu, formula de calcul a coeficientului de complexitate a reparației (R) este următoarea:

$$R = L \cdot K_1 \cdot h + K_2 \cdot l + K_3 \cdot n \cdot c + c_1, \quad (4.3)$$

în care h - înălțimea vârfurilor față de batiu [mm]; l - distanța între vârfuri [mm]; n - numărul de trepte de turații ale cutiei de viteze; c - factor care caracterizează specificul și complexitatea reparației diferitelor mecanisme considerate individual:

$$c = 0,5x + c_2 + c_3 + c_4,$$

unde:  $c_2$  - coeficient de complexitate pentru reglarea vitezei axului principal;  $c_3$  - coeficientul de complexitate al mecanismului hidraulic de copiat;  $c_4$  - coeficientul de complexitate a reparației angrenajului intermediar),  $c_1$ - coeficientul de complexitate a reparației echipamentului hidraulic;

$$L = L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 \cdot L_4, \quad (4.4)$$

în care:  $L_1, L_2, L_3, L_4$  sunt factori ce iau în considerare particularitățile constructive;

-  $K_1$  - o constantă;  $K_2$  - coeficient al distanței între vârfuri;  $K_3$  - coeficient al sistemului de transmitere a mișcării la arborele principal și al vitezei EMT de antrenare.

Toți coeficienții de mai sus sunt dați în sistemul de normative elaborat de Ministerul Industriilor.

Pentru o m-u la care nu s-au elabora formule specifice de calcul, determinarea coeficientului (R) se face utilizând o relație generală de forma:

$$\mu = 0,004x + 0,04z - 0,027z + 1,98, \quad (4.5)$$

unde: x - numărul total de piese din compunerea m-u, y - masa m-u (tone), z - puterea (Kw).

4. Orele manoperă – normativul de executare a lucrărilor pe categorii de lucrări stabilite în raport cu coeficientul (R); servește la planificarea necesarului de personal și a costului manoperei.

5. Durata de imobilizare – normativul care stabilește perioada de timp maximă (în zile) în care se poate executa reparația; depinde de volumul lucrărilor necesare reparației respective, de numărul de formații de muncă afectate și de gradul de mecanizare a lucrărilor de reparații.

6. Norma de servire a întreținerii utilajului – normativ care stabilește numărul de utilaje care pot fi servite pe linia întreținerii de către un muncitor; permite calculul numărului de muncitori necesari.

7. Costul reparațiilor – exprimat în procente din valoarea de înlocuire a m-u, da indicații despre suma maximă care poate fi utilizată pentru executarea diferitelor reparații; servește la stabilirea planului de cheltuieli pentru activitatea de întreținere și reparații.

Normativele de întreținere tehnice și reparații se prezintă sub două forme:

a) detaliate- oferă toate datele necesare calculului elementelor planului de reparații;

b) sintetice- stabilesc numai datele de bază: timpul de staționare și costul reparației, numărul de schimburi, ciclul de reparație, timpul de staționare și costul reparației.

## 5. Utilizarea teoriei uzurii aleatoare în stabilirea funcțiilor și probabilităților matematice

Potrivit acestei teorii, pentru cunoașterea stării utilajelor în timp trebuie să se stabilească o serie de funcții și probabilități de avarie, durata medie de viață a utilajelor, etc..

1) Funcția de supraviețuire a utilajului – se notează cu  $v(t)$  și reprezintă probabilitatea ca utilajul să fie în funcționare după durata  $t$  de utilizare, când durata de funcționare normală  $T$  este mai mare ca  $t$ :

$$v(t) = p; \quad p = \frac{n(t)}{n(0)}, \quad (T \geq t), \quad (5.1)$$

unde:  $n(t)$  – numărul de m-u de un anumit tip în funcțiune la momentul  $t$ ,  
 $n(0)$  – numărul de m-u de tipul dat puse în funcțiune în momentul 0.

2) Probabilitatea de avarie – exprimă probabilitatea ieșirii din funcțiune a unui utilaj într-un interval de timp cuprins între  $t-1$  și  $t$ , față de cele de același tip puse în funcțiune la  $t=0$ :

$$p(t) = \frac{n(t-1) - n(t)}{n(0)} \quad (5.2)$$

sau:  $p(t) = p(t-1 \geq T < t)$ , pentru cazul când durata de funcționare normată  $\in [(t-1), t]$ .

3) Probabilitatea condiționată de avarie – exprimă probabilitatea de a avea un anumit număr de iesiri de utilaje din funcțiune într-un interval  $(t-1, t)$ :

$$p_c(t) = \frac{n(t-1) - n(t)}{n(t-1)}. \quad (5.3)$$

Studiul acestor funcții și probabilități se poate face și grafic, așa cum este aratat în figura 5.1, figura 5.2 și figura 5.3.

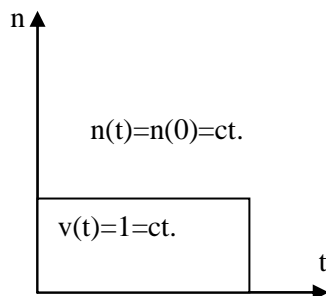


Fig. 5.1. Funcția de supraviețuire pt. o m-u cu o uzură c-st în timp

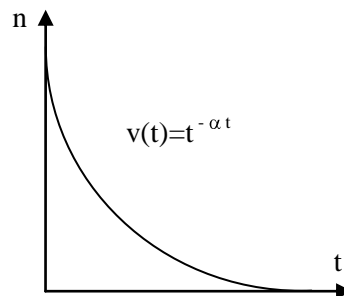


Fig. 5.2. Funcția de supraviețuire pt. o m-u la care un numar egal de piese ies din funcțiune la intervale egale de timp

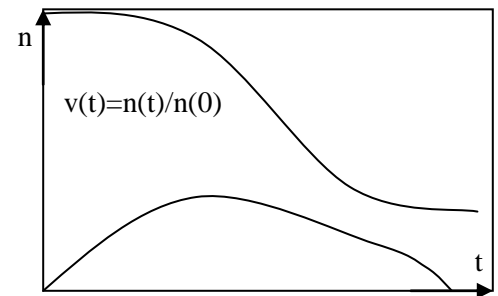


Fig. 5.3. Reprezentarea grafică a funcțiilor  $v(t)$  și  $n(t)$  pt. o m-u oarecare

4) Durata medie de viață a unui utilaj – se calculează cu relația următoare:

$$T = \sum_{t=1}^n \left\{ \left[ \frac{n(t-1) - n(t)}{n(0)} \right] \cdot t \right\}. \quad (5.4)$$

## 6. Tehnici, procedee și concepte moderne aplicate pe plan mondial în domeniul mentenanței

**Analiza Modurilor de Defectare, Efectele și Criticitatea lor (AMDEC)** - este o tehnică de analiză a posibilităților de defectare ale unui produs sau proces, în scopul planificării acțiunilor corective și a măsurilor pentru prevenirea apariției acestora. Metoda a fost dezvoltată în 1960 la NASA și a fost standardizată și la noi în anul 1989.

AMDEC (denumită inițial FMEA), MADE, se poate utiliza în următoarele situații:

- dezvoltarea unor produse sau procese noi;
- modificări ale produselor sau proceselor existente;
- evaluarea probabilității de apariție a defectărilor, în cazul unor componente importante din punct de vedere al siguranței;
- adaptarea produselor unor noi condiții de utilizare.

Metoda AMDEC este considerată ca fiind un instrument de bază în managementul proiectelor, al mentenanței și în cel al calității totale. Ultimele tendințe în evoluția metodei sunt legate de transferul acesteia către activitățile de mentenanță și de asigurare a calității în întreprinderi. Rutinele asigurării calității tradiționale, bazate pe detectarea produselor defecte nu mai sunt adecvate producției actuale, pe simplul motiv că defectele care pot fi evitate inițial nu trebuie să fie corectate mai târziu.

Dezvoltarea metodei AMDEC a dus la crearea unor seturi de instrumente pentru analiza sistematică cu grad foarte mare de aplicabilitate. În practică s-a demonstrat că costurile pentru corectarea unui defect nedetectat într-o etapă anterioară cresc de 10 ori de la un stadiu de implementare la altul.

**Burn-in** - procedeu de accelerare a mecanismelor de defectare, care conduce unitatea considerată să funcționeze la solicitări mai ridicate

**Cost Effectiveness** (Eficacitatea costurilor) - măsură pentru evaluarea capacității unui produs de a-și exercita funcția cerută cu cel mai mare raport foloase/costuri de-a lungul duratei de viață.

**Defect** - Abaterea unei caracteristici a unui produs considerat de la cerințele impuse, o imperfecțiune fizică a unui element al sistemului, care antrenează o funcționare permanentă, temporară sau intermitentă eronată; o neconformitate cu clauzele unei specificații;

**Defectare** - sfârșitul capacității unui produs considerat de a îndeplini funcția cerută sau pierderea aptitudinii unui dispozitiv de a-și îndeplini funcția cerută în condiții date. Defectarea constituie consecința imediată a evenimentului defect. Defectările operaționale ale unui sistem se clasifică după durată (permanente; temporare) sau după extindere (singulare; multiple);

**Dependability** (dependabilitate) - măsură pentru gradul în care un produs considerat îndeplinește funcția cerută la un timp dat și în timpul unei misiuni, presupunând că unitatea respectivă era în stare de funcționare la începutul misiunii; este totodată un termen colectiv utilizat pentru descrierea performanței disponibilității și a factorilor săi cu putere de influențare: performanța fiabilității, performanța mentenabilității și performanța suportului mentenanței. Termenul este utilizat doar pentru descrieri generale și în termeni ne-cantitativi.

**Fault Modes and Effects Analysis (FMEA)** - metodă calitativă de analiză a fiabilității care include -pentru fiecare element cercetat - toate modurile posibile de defectare, cât și efectele corespunzătoare nu numai asupra altor elemente ci și asupra funcției cerute de la elementul considerat.

**Fault Modes, Effects, and Criticality Analysis (FMECA)** - metodă calitativ/cantitativă de analiză a fiabilității care include analiza modurilor de defectare și a efectelor lor, considerând pentru fiecare mod probabilitatea ca el să se producă, precum și gradul său de severitate.

**Fiabilitate estimată** - (1) fiabilitatea unui dispozitiv, estimată cu mijloace statistice-matematice având sursa informațiilor primare indicată sau rezultate ale unor teste specifice, efectuate pe baza unui program de încercări în întregime definit.

**Fiabilitate extrapolată** - fiabilitatea unui dispozitiv, determinată prin extinderea fiabilității estimate la durate sau condiții de exploatare diferite de cele utilizate pentru determinarea fiabilității estimate.

**Fiabilitate nominală** - fiabilitatea unui dispozitiv prescrisă în specificații (standarde, norme interne, contracte, etc.)

**Fiabilitate în exploatare** - fiabilitatea produsului considerat, ținând seama de toate condițiile de lucru în exploatare.

**Fiabilitate operațională** (de exploatare) - fiabilitatea unui utilaj determinată pe baza rezultatelor privind comportarea în exploatare, pe o anumită perioadă de timp, a unui mare număr de utilaje de același tip, efectiv utilizate de beneficiar

**Fiabilitate preliminară** - fiabilitatea unui echipament tehnologic calculată pe baza considerentelor privind concepția și proiectarea acestuia, precum și pe baza fiabilității componentelor sale, în condiții de exploatare prescrise.

**Product Assurance** (asigurarea produsului) - totalitatea măsurilor - planificate și sistematice - luate pentru asigurarea nivelului de calitate cerut, cât și a fiabilității, disponibilității, siguranței în funcționare și menținerii în funcție a produsului considerat.

**Product Liability** (responsibilitatea pentru produs) – răspunderea juridică a fabricantului pentru pagubele pricinuite persoanelor, daunele materiale sau patrimoniale, provocate de utilizarea unor produse defecte sau căzute în pană.

**Redundanță** - procedeu de creștere a fiabilității echipamentelor tehnologice constând din prevederea unor rezerve, adică existența mai multor elemente component - decât sunt necesare pentru îndeplinirea funcției cerute - capabile să facă echipamentul tehnologic să funcționeze,

**Redundanță activă sau simplă** - în care elementele de rezervă funcționează concomitent cu elementele de bază și în aceleași condiții de solicitare.

**Redundanță pasivă sau de comutație** - în care elementele de rezervă nu funcționează concomitent cu elementele de bază și în aceleași condiții de solicitare.

**Screening** (teste de selecție) – reprezintă o succesiune de solicitări la care este supus un lot statistic conținând unități considerate identice, cu scopul de a provoca defectări timpurii sau de a elimina unitățile defecte sau pasibile de a se defecta timpuriu.

**Siguranță în exploatare** - măsură, pentru capacitatea unui echipament tehnologic considerat, de a nu pune în primejdie vieți omenești, lucruri sau mediul înconjurător.

**Toleranță la defectare a unui sistem** – este un atribut arhitectural al sistemului care face posibilă operarea sistemului chiar atunci când în structura sa intervin unul sau mai multe defecte. Când - pentru a se implementa toleranța la defectări unui sistem- se utilizează forme ale redundanței de tip static, se spune că sistemul prezintă o toleranță statică la defectări; când se utilizează diferite procedee de detecție a defectărilor sistemului, urmate de reconfigurări automate ale acestuia, sistemul va fi cu toleranță dinamică la defectări.



## 5. Studii de caz, probleme

### 1. Recondiționarea pieselor prin prelucrări mecanice și piese suplimentare

Recondiționarea suprafețelor uzate ale unor piese prin montarea unor piese suplimentare se folosește frecvent în cazul în care acele piese prezintă uzuri mari, dar rezistența mecanică de ansamblu a piesei nu este încă depășită. Prin acest procedeu de recondiționare se urmărește restabilirea formei geometrice și a dimensiunilor inițiale ale pieselor. Din categoria pieselor și suprafețelor care suportă un astfel de procedeu exemplificăm: piese cu suprafețe plane, fusuri de arbori, lagăre de alunecare, locașuri pentru rulmenți, găuri filetate, ghidaje, glisiere etc.

■ În cazul fusurilor de arbori se folosesc ca piese suplimentare manșoane, operația de recondiționare fiind cunoscută și numele de **manșonare** (fig. 1.1). Manșonul 2 se fixează, pe fusul a fost anterior prelucrat prin strunjire de finisare la dimensiunea corespunzătoare, prin procedee ca: puncte de sudură frontală, știfturi filetate sau conice, montaj cu strângere sau fretare.

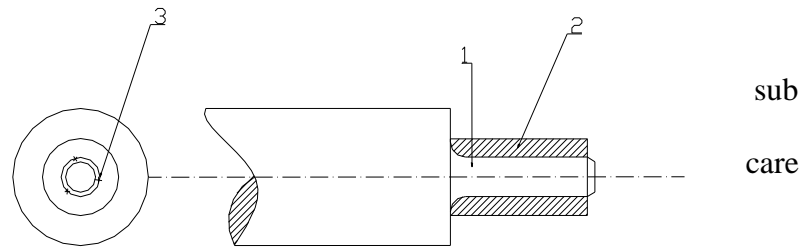


Fig. 1.1. Repararea unui fus prin manșonare  
1 – fus; 2 – manșon; 3 – sudura sau știfturi

■ În cazul alezajelor cilindrice se folosește procedeul de **bucșare**. Acest procedeu constă în introducerea în alezajele prelucrate la interior, la o cotă corespunzătoare, a unor bucșe care se montează cu strângere și se fixează suplimentar asemănător ca la manșonare (fig. 1.2 a).

■ În cazul recondiționării găurilor filetate se aplică bucșe filetate interior, fixate suplimentar cu știfturi

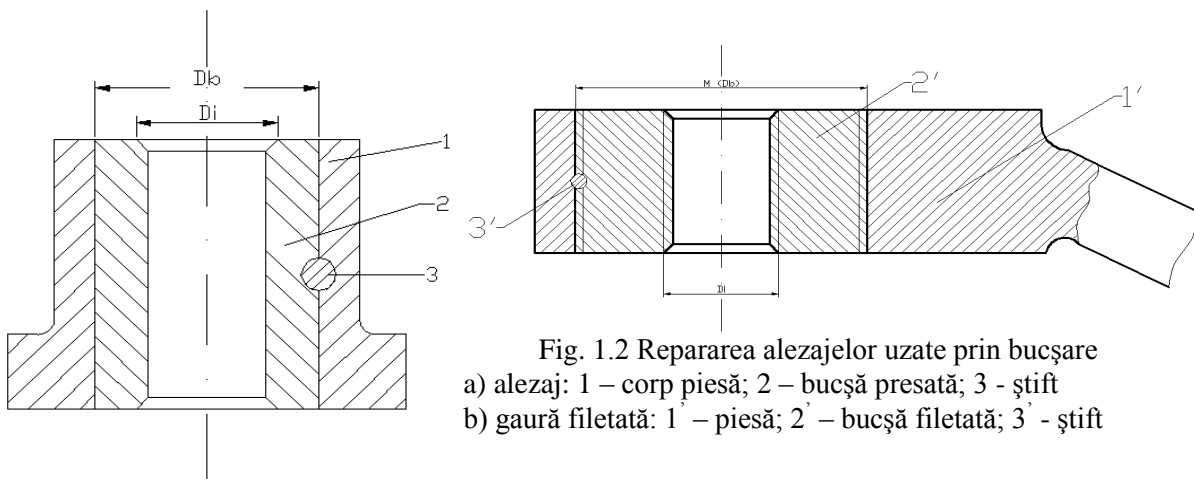


Fig. 1.2 Repararea alezajelor uzate prin bucșare  
a) alezaj: 1 – corp piesă; 2 – bucșă presată; 3 - știft  
b) gaură filetată: 1' – piesă; 2' – bucșă filetată; 3' - știft

filetate sau montate cu strângere. Practic, metoda implică tăierea unui nou filet de diametru mai mare în piesa în cauză și înșurubarea în acesta a unei bucșe. Bucșa are un filet la exterior corespunzător celui din piesa prelucrată iar la interior are un filet identic cu cel al piesei inițiale. Suplimentar bucșa se poate fixa frontal cu știfturi, puncte de sudură etc. (fig. 1.2 b).

▪ În cazul recondiționării pieselor plate, glisierelor, ghidajelor plane etc. se folosesc drept compensatori de uzură plăci de diferite forme, dimensiuni și calitate de material, fixate, după caz, prin sudură, șuruburi cu cap înecat (fig. 1.3), știfturi, pene etc. Placa suplimentară se poate executa din același material cu cel al piesei de bază sau din bronz, alamă, aluminiu, fontă, textolit, teflon etc.

*Avantajele procedurii de recondiționare cu piese suplimentare* sunt multe și importante:

- ✓ Posibilitatea readucerii pieselor reparate la cotele inițiale;
- ✓ Cost mai redus decât acela al unei piese noi de aceeași tipodimensiune;
- ✓ Economie de materiale și de manoperă, mai ales în cazul pieselor de dimensiuni mari;
- ✓ Calitate foarte bună a reparației;

*Dezavantajele procedurii de recondiționare cu piese suplimentare* sunt câteva:

- ✗ Reducerea rezistenței mecanice a piesei;
- ✗ Modificarea rigidității inițiale a piesei;
- ✗ Modificarea eforturilor reziduale în materialul de bază al piesei, bușei sau manșonului.

Alte cazuri de recondiționare prin compensatori de uzură sunt cele care prevăd înlocuirea unei părți din piesa uzată care, fiind supusă unor solicitări intense a ajuns la o uzură locală accentuată sau a fost avariată parțial. Ca exemple pentru astfel de cazuri se prezintă:

- recondiționarea unei cremaliere deteriorate parțial - prin frezarea porțiunii în cauză și înlocuirea cu o “pastilă” de material care se danturează ulterior la parametrii inițiali (fig. 1.5);

- recondiționarea unei roți melcate prin îndepărtarea prin strunjire a danturii sale și montarea unei coroane melcate corespunzător executate (fig. 1.6).

- recondiționarea roților de rulare de la locomotive, vagoane, macarale, poduri rulante - prin înlocuirea bandajului roții. De cele mai multe ori aceste roți sunt astfel proiectate încât să permită înlocuirea ușoară și sigură a bandajului exterior prin fretare (presare la cald), sudare sau cu șuruburi înșurubate în obezile roții.

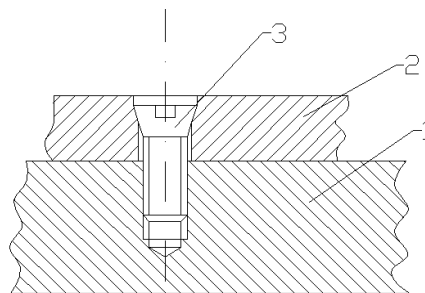


Fig. 1.3 Fixarea unui compensator de uzură pe o suprafață plană  
1 – piesă; 2 – placă adaos; 3 - șurub

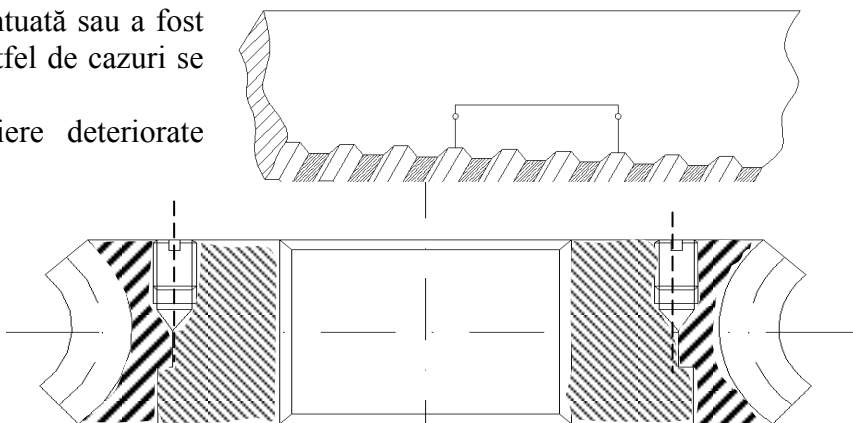


Fig. 1.6 Recondiționarea unei roți melcate prin înlocuirea coroanei melcate

## 2. Recondiționarea pieselor prin încărcare cu material de aport

La repararea m-u, utilajelor și instalațiilor se aplică atât sudarea oxiacetilenică - la piesele din fontă sau neferoase - cât și sudarea electrică - la încărcarea suprafețelor uzate ale pieselor din oțel.

A. **Sudarea pieselor din fontă** - datorită mării sensibilități la fisurare atât în materialul de bază cât și în cusătura sudată, piesele din fontă trebuie încălzite în cuptoare speciale, cu foc de cărbune de lemn, la 600-650 C. Ca material de adaos se folosesc vergele din fontă tip VRS 30 sau VTS 36

STAS1245-65, iar pentru fluidizarea oxizilor se folosește borax ( $\text{Na}_2\text{B}_3\text{O}_7$ ) sau fluxuri de sudură - amestec de borax 56%, carbonat de sodiu 22% și carbonat de potasiu 22%.

După sudare piesa se acoperă complet cu carbune de lemn sau se racește lent odată cu cuptorul, atât după sudarea oxiacetilenică cât și după sudarea electrică la rece sau cu preîncălzire.

În STAS 6662-62 sunt date formulele și dimensiunile la sudarea manuală cu arc electric și gaze, iar în STAS 7242-69 sunt prezentați electrozii care se întrebuințează la sudarea fontei cu arc electric .

Sudarea fontei fără încălzire prealabilă se execută cu electrozi din oțel sărac în carbon, cu electrozi bimetalici sau cu electrozi din material monel (aliaj de cupru – nichel, Cu-Ni).

Cusătura de sudură se va executa întrerupt, permitându-se racirea piesei la 50-60°C.

După sudare, piesa acoperită cu nisip cald se lasă să se racească lent până la temperatura ambiantă.

B. **Sudarea și încărcarea cu sudură a pieselor din oțel carbon sau oțel aliat** – piesele din aceste materiale care sunt supuse unor regimuri intense de exploatare sau uzuri intense (roți dințate, arbori, piese de fixare, șuruburi, prezoane etc.) se sudează cel mai adesea cu arc electric, dacă oțelurile din care sunt executate au un conținut mediu de carbon echivalent mai mic de 0,45%.

Temperatura înaltă la care se face recondiționarea aduce operației câteva inconveniente:

✂ Modificarea proprietăților mecanice ale oțelului tratat termic face necesară aplicarea unui nou tratament termic, uneori greu de executat sau chiar imposibil;

✂ Elementele de aliere din oțel se combină cu oxigenul din mediul exterior formând oxizi greu fuzibili care rămân înglobați în materialul de bază și-i înrăutățesc caracteristicile mecanice;

✂ Oțelurile aliate cu conductivitate termică redusă trebuie preîncălzite pentru a nu fisura;

✂ Tendința de autocălire a oțelurilor sudate mărește duritatea locală în zona influențată termic de sudare și favorizează apariția tensiunilor interne, a deformațiilor și fisurilor.

În STAS 7241-69 sunt prezentați electrozii recomandați la sudarea oțelurilor aliate, respectiv la sudarea pieselor din oțel carbon. La sudarea pieselor cu duritate și rezistență la uzură mare se întrebuințează electrozi speciali cu destinația indicată în literatura de specialitate.

La executarea sudurii se va ține seamă de următoarele recomandări:

☞ Piesele cu uzură mică, sub 1 mm, înainte de încărcarea cu sudură se prelucrează pe circa 1÷3 mm adâncime pentru a se obține un strat omogen în zona de interes ;

☞ Cordoanele de sudură se vor suprapune parțial iar la încărcarea în două straturi, acestea trebuie să fie unul peste celălalt ;

☞ Pentru evitarea încălzirii neuniforme a fusurilor încărcate cu sudură, cordoanele de sudură se vor aplica în mod alternative pe generatoarea fusului;

☞ Pentru evitarea încălzirii zonelor adiacente celei pe care se aplică încărcarea cu sudură, acestea se izolează cu azbest și se umezesc, sau se scufundă piesele în apă, exceptând zona care trebuie încărcată cu sudură ;

☞ După încărcarea cu sudură piesele sunt neaparat supuse unui tratament termic de recoacere de detensionare și abia apoi se fac prelucrările mecanice urmate de tratamentul termic final și finisarea prin rectificare ;

☞ Forma, dimensiunile și poziționarea rostului de sudat precum și modul de pregătire a suprafețelor de încărcat va fi expres specificat funcție de particularitățile fiecărei piese supuse recondiționării prin sudare.

## 2. Recondiționarea pieselor prin metalizare (alternativă pentru înlocuirea subiectului 2)

Procedeul de metalizare constă în depunerea pe suprafața piesei a unui strat format din particule de metal topit, antrenate de un curent de aer sau gaz inert comprimat. Stratul de metal depus aderă mecanic la suprafața piesei, prin fixarea în microneregularitățile suprafeței a unor particule metalice foarte fine ( $0,001 \div 0,015$  mm) aflate în stare topită.

*Avantajele procedurii de metalizare* utilizat la recondiționarea pieselor uzate prin restabilirea dimensiunilor inițiale ale acestora sunt următoarele:

- ✓ Posibilitatea aplicării de straturi din orice metal pe aproape orice fel de metal de bază
- ✓ Grosimea stratului de metal depus poate fi cuprinsă între 0.03 și 5 mm;
- ✓ Asigură rezistență mare la uzură în cazul frecării lichide sau semifluide;
- ✓ Procedeul este mai economic și mai bun calitativ decât depunerea de metal prin sudare.

*Dezavantajele procedurii de recondiționare prin metalizare* constau în următoarele:

- ✓ Stratul de material depus are rezistență redusă la tracțiune, încovoiere și șoc;
- ✓ În straturile metalizate nu se pot tăia filete, danturi, canale sau găuri;
- ✓ Piese metalizate nu se pot prelucra ulterior prin deformare plastică la rece sau la cald (forjare).

*Tehnologia recondiționării pieselor prin metalizare* cuprinde următoarele operații de bază:

- 1) Controlul pieselor și stabilirea mărimii uzurii ;
- 2) Pregătirea piesei în vederea metalizării – degroșarea piesei, decaparea etc.
- 3) Metalizarea propriu-zisă ;
- 4) Prelucrarea mecanică la cotele finale a suprafețelor metalizate ale piesei ;
- 5) Îmbibarea cu ulei a stratului metalizat de pe piesa recondiționată.

1) Controlul piesei și măsurarea uzurii se face cu șabloane, calibre, șublere, micrometre etc.

2) Pregătirea suprafețelor pentru metalizare – constă în degresare cu soluție de sodă caustică 3%, sablare, strunjire cu rugozitate mare sau chiar șanțuire. Pentru a spori aderența stratului depus prin metalizare, la aproximativ 2mm de capetele frontale ale fusurilor arborilor trebuie să se prelucreze prin strunjire canale limitatoare late de maxim 2mm și adânci de  $\sim 1,5$  mm.

3) Metalizarea propriu-zisă – se va face la cel mult două ore de la pregătirea suprafeței. Metalizarea pieselor de revoluție se execută pe strung, cu piesa așezată între vârfuri și echipamentul de metalizare montat pe cărucior în locul suportului portcuțit. Se recomandă utilizarea de turații între 30 și 60 rot/min, avansuri longitudinale între 1,25 și 2,5 mm/rot, adâncimi de strat depus egale cu adâncimea uzurii radiale  $+ 0,5 \div 0,7$  mm – în cazul unei ulterioare strunjiri sau  $0,15 \div 0,2$  mm – în cazul în care operația ulterioară este rectificarea. Materialul de depunere prin metalizare este sub formă de sârmă cu diametru de  $1,2 \div 1,5$  mm.

Echipamentul de metalizare are în componere următoarele instalații:

- electrometalizatoare sau oximetalizatoare ;
- transformatoare coborâtoare de tensiune până la  $20 \div 40$  V ;
- camere de sablaj și instalații de aer sau gaze inerte comprimate.

4) Prelucrarea mecanică a stratului metalizat – se execută prin rectificare sau așchiere. Procedeele de așchiere utilizate sunt: strunjire, rabotare, frezare – executate cu scule armate cu plăcuțe Hs10 pentru oțelurile cu conținut ridicat de carbon sau cu plăcuțe HG01 pentru oțelurile slabcarbonice sau neferoase.

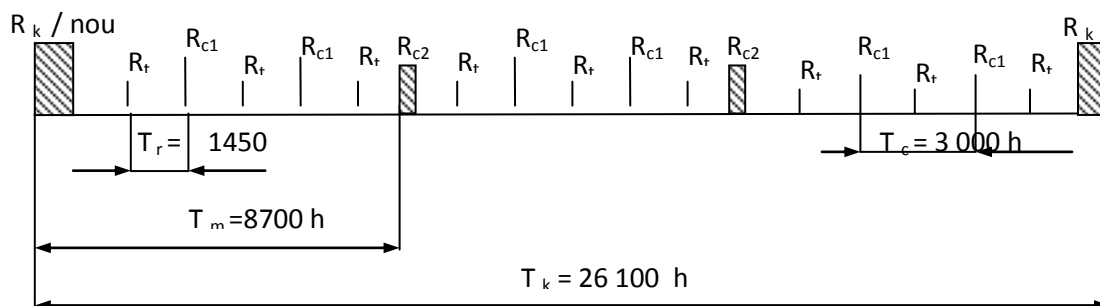
5) Rectificarea suprafețelor metalizate se execută cu viteze  $v=10 \div 20$  m/s, cu avansuri  $f=5 \div 10$  mm/rot, sculele fiind discuri abrazive de granulație mare și duritate mică.

6) Îmbibarea cu ulei a stratului metalizat – datorită unei porozități de peste 15% a stratului depus prin metalizare, acesta se poate îmbiba cu ulei și în felul acesta coeficientul de frecare scade sub 0,04 la presiuni specifice de până la  $140$  daN/cm<sup>2</sup>. Totuși straturile de acoperire cu rezistența cea mai mare la uzură sunt acelea care au duritatea nativă cea mai ridicată, adică acelea care au granulația cea mai fină.

### 3. Procesul tehnologic de reparații . Principalele operații pe tipuri de mașini și echipamente

#### 3.1. Repararea unui strung paralel

Strungul paralel S.N 400 se repară după ciclul din fig. 3.1, conform căruia piesele în mișcare trebuie să reziste minim 1450 h de funcționare, după care se necesită reglarea jocurilor sau eventuale reparații.



Ciclul de reparație existent (codificat- 2-6-9):  $R_k = 1$  ;  $R_{c1} = 6$  ;  $R_{c2} = 2$  ;  $R_t = 9$

Fig. 3.1. Ciclul de reparații pentru strungul paralel SN 400:

$R_k$  – reparații capitale;  $R_{c2}$  – reparație curentă de ordinul 1;  $R_{c1}$  – reparație curentă de ordinul 2;  $R_t$  – revizie tehnică;  $T$  – durata unui ciclu de reparații capitale;  $t_r$  – intervalul dintre două reparații curente succesive.

Lucrările care trebuie să se execute la revizile tehnice, reparațiile curente și cele capitale, grupate pe subansambluri, sunt redată în tabelul 3.1. Conținutul fiecărei reparații este divers, uneori acesta se înțelege din bunul simț tehnic iar în alte cazuri se va apela la normative, nomenclatoare sau la documentația tehnologică existentă la Compartimentul de Mentenanță.

Tab.3.1

Conținutul categoriilor de reparații la repararea unui strung normal paralel tip SNA-400				
Denumirea operației	Categorია de reparație			
	$R_t$	$R_{c1}$	$R_{c2}$	$R_k$
1	2	3	4	5
La subansamblul - Batiu				
Curățarea ghidajelor de rizuri și lovituri	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Răzuirea ghidajelor saniei			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Răzuirea sau rectificarea și răzuirea ghidajelor				<input checked="" type="checkbox"/>
Înlocuirea cremalierei sau recondiționarea prin frezare a locașurilor ei				<input checked="" type="checkbox"/>
Frezarea locașurilor cutiei de avansuri și a suportilor șurubului conducător în cazul recondiționării prin frezare sau rabotare a batiului				<input checked="" type="checkbox"/>
La subansamblul - Sanie				
Demontarea pieselor de pe sania principală		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Demontarea completă a saniei			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Răzuirea ghidajelor saniei principale			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Reglarea penelor la sanie și la suportul porcuțit	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
.....Etc.				

**4. Aplicații software în gestiunea activităților de mentenanță (se renunță la aplicație din cauza dificultăților de desfășurare a ei în condiții de examen)**

***BIBLIOGRAFIE***

1. Pămîntaş, E., - Mentenanță Bazată pe Fiabilitate, Note de Curs, [www.eng.upt.ro/tcm/~epamintas/](http://www.eng.upt.ro/tcm/~epamintas/), 2010
2. Răducan, R. – Calitatea, fiabilitatea și mentenanța echipamentelor productive, Ed. Brumar, Timișoara, 2000
3. Șuteu, V., ș.a. - *Tehnologia întreținerii și reparării mașinilor și utilajelor*, Ed. Dacia, Cluj Napoca, 1984
4. Zwingelstein, G. – *La maintenance basée sur la fiabilité*, Ed. Hermès, Paris, 1996