

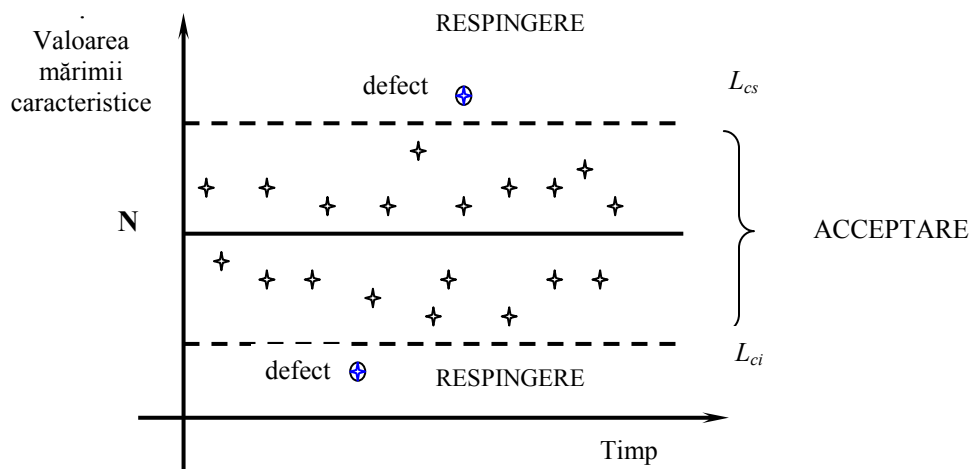
# ACCEPTABILITATEA DEFECTELOR

## Limite de control

Variația caracteristicilor produselor este urmarea acțiunii unor legi universale cum sunt variabilitatea și schimbarea. Într-un proces de fabricație normal, în care materiile prime sunt considerate uniforme, utilajele funcționează în limitele preciziei necesare, executanții au calificarea și conștiinciozitatea cerute, valoarea caracteristicilor calitative ale produselor (dimensiuni, mase, durități, granulații, aspect etc.) nu este aceeași la toate produsele, ci variază între anumite limite.

Se ia în considerare o caracteristică a unui produs pentru care s-a prescris valoarea nominală  $N$ . În urma desfășurării procesului de fabricație, această caracteristică va avea o dispersie în jurul valorii prescrise (v. distribuția normală și curba lui Gauss).

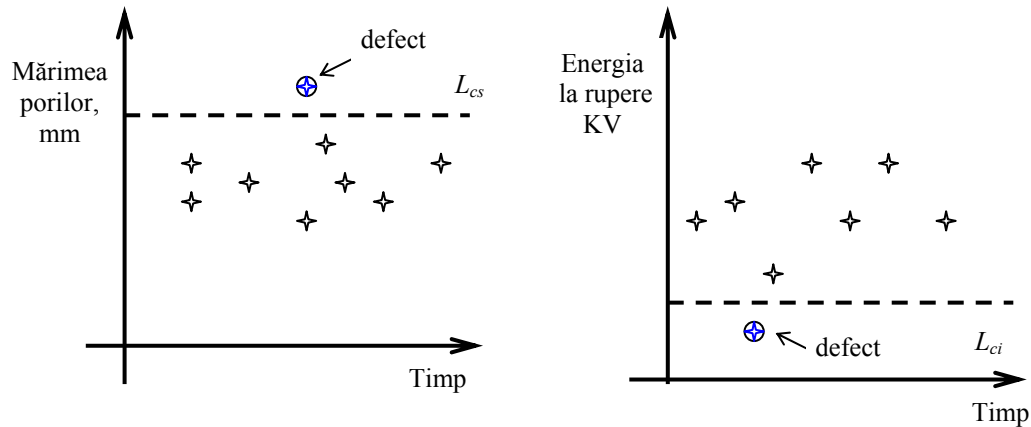
Dacă variația mărimii caracteristice este limitată inferior și superior prin valorile limită  $L_{ci}$  și  $L_{cs}$ , atunci, practic, se consideră că acele cazuri în care valoarea mărimii caracteristice depășește limitele stabilite sunt situații în care au apărut **defecte** și, adeseori, se impune respingerea defectului, respectiv a produsului care îl conține.



Variația mărimii caracteristice în timp.

Folosirea celor două limite de control pentru caracterizarea unei situații nu este obligatorie. Există situații în care o singură limitare este suficientă.

Astfel nu are sens să se limiteze inferior ( $L_{ci}$ ) mărimea suflurilor (goluri în materiale) și superior ( $L_{cs}$ ) energia de rupere, determinată prin încercarea la încovoiere prin șoc.



Situații în care se folosește o singură limită de control ( $L_{ci}$  sau  $L_{cs}$ ).

*Defectul* a fost definit mai înainte ca fiind “neconformitatea unității de produs cu condițiile stabilite pentru una din caracteristicile sale”. În standardul SR EN ISO 9000: 2001 defectul se definește ca fiind “neîndeplinirea unei cerințe referitoare la o utilizare intenționată (care a fost prevăzută) sau specificată”. Același standard face precizarea că trebuie făcută o distincție între conceptele de *defect* și *neconformitate*, deoarece acest concept are conotații legale, în special cele asociate problemelor referitoare la răspunderea juridică pentru produs. În consecință – după cum recomandă standardul - termenul *defect* ar trebui utilizat cu extremă prudență.

Totuși, dacă se ia în considerare faptul că în economie și în special în industrie, termenul “*defect*” este intrat adânc în limbajul personalului, iar în multe standarde aflate încă în uz, se folosește acest termen, se va folosi în continuare cuvântul “*defect*” și, în măsura posibilităților, se va înlocui treptat cu “*neconformitate*”, până la consumarea tranziției și apariția unor standarde noi, aliniate normelor europene. În unele cazuri, ca de exemplu în standardul ISO 6520, cuvântul *defect* este înlocuit prin *imperfecțiune*.

Dacă se ia în considerare faptul că numărul cerințelor impuse unui produs și, în consecință, al caracteristicilor calitative ale unui produs (piesă, semifabricat, subansamblu, ansamblu etc.) este foarte mare, atunci rezultă faptul că numărul neconformităților posibile este de asemenea foarte mare.

De exemplu, pentru o sudură, imperfecțiunea se referă la

**“orice abatere de la continuitate, formă, dimensiuni, aspect exterior, structură și compoziție chimică, prescrise pentru cusătură și metalul de bază influențat termic, conducând, în final, la o diminuare a rezistenței mecanice a îmbinării sau afectând într-altfel, în mod nefavorabil, comportarea îmbinării sudate în exploatare”.**

Din cauza acestei „abundențe” de defecte posibile, selectarea acelor care caracterizează mai bine produsul și îi influențează comportarea în exploatare sau vandabilitatea devine dificilă.

#### *Observație*

Pentru produsele aflate în exploatare, defectelor datorate procesului de fabricație sau de montaj, li se pot adăuga și altele, având ca origine fie exploatarea incorectă a produsului, fie apariția unor cauze accidentale. În cazul acestor produse, în locul defectelor trebuie să se vorbească despre *defectări*, adică despre împiedicarea bunei funcționări a produsului, ca urmare a apariției defectelor.

În funcție de prezența defectelor, produsele se pot împărți în:

- *produse bune* - care nu au defecte;

- *produse neconforme* - care au cel puțin un defect.

Produsele neconforme se pot grupa și ele în două categorii:

- *neconform recuperabil*, dacă produsul se poate remania prin îndepărtarea tuturor defectelor;
- *neconform nerecuperabil*, dacă cel puțin un defect nu se poate îndepărta (rebut).

### Acceptarea sau respingerea defectelor

Defectele determină în mare măsură calitatea unui produs, motiv pentru care, adeseori, calitatea se măsoară prin *noncalitate*, numărul și volumul defectelor fiind criterii importante de evaluare. Produsul real conține diverse neconformități care sunt mai mult sau mai puțin grave. Din motive obiective, defectele au fost împărțite în două mari categorii: *defecte acceptabile* și *defecte inacceptabile*. Deci, așa cum s-a precizat și în subcapitolul 2.1 numai o parte dintre defecte sunt inacceptabile.

*Încadrarea în una sau alta din categoriile de mai sus, se face în funcție de destinația produsului, de rolul funcțional, de importanța acestuia într-un ansamblu, de costuri, de exigențele impuse de standarde, coduri, norme sau convenții între beneficiar și furnizor etc.*

Una dintre cele mai dificile probleme care stau în fața departamentelor de proiectare și a celor de inspecție a calității constă în stabilirea **criteriilor** după care o piesă (produs) este trecută în una din categoriile:

- piese (produse) bune;
- piese (produse) neconforme,

adică, a criteriilor acceptare / respingere (A / R).

Dificultățile legate de introducerea unei piese (produs) în una dintre categoriile enumerate, rezultă atât din faptul că, în cele mai multe cazuri, nu este cunoscută exact influența defectelor asupra caracteristicilor calitative ale produsului, că analiza ce trebuie efectuată este adeseori interdisciplinară și că decizia care se ia are importante implicații pe plan economic și social.

Revenind la figura 3.1, acceptarea și respingerea defectelor are *caracter relativ* pentru simplul motiv că poziția limitelor de control  $L_{ci}$  și  $L_{cs}$  este în mod obișnuit arbitrară, chiar dacă ele au fost impuse în urma unor calcule.

În general, *criteriul* este un principiu, o normă la care se fac referiri pentru definirea, aprecierea și clasificarea situațiilor sau obiectelor.

Discuțiile, lucrările [30, 36] și publicațiile de specialitate au pus în evidență patru tipuri de *criterii de acceptabilitate a defectelor (criterii A/R)*, astfel:

- **Criteriul bunului simț**, prin care un produs este declarat acceptat dacă nu are defecte sau dacă, deși are, acestea sunt considerate “nepericuloase”.

Subiectiv, neștiințific, acest tip de criteriu se bazează pe experiența îndelungată și “bunul simț tehnic” al unor persoane, de a intui situațiile în care prezența unor defecte nu are consecințe nefaste asupra produsului. Aplicarea lui în practică trebuie evitată.

- **Criteriul educativ**, prin care se condiționează acceptarea, de obligația executanților de a “strânge” toleranțele pentru a ameliora calitatea.

Conform acestui criteriu, se acceptă ușor acele produse care au fost executate cu toleranțe mai mici decât cele normale (operatorul a fost “educat” să lucreze mai îngrijit, chiar dacă aceasta conduce la o creștere a costului execuției).

- **Criteriul arbitrar**, prin care, stabilindu-se o listă de defecte, se realizează un compromis între exigențele unui organism de inspecție și posibilitățile practice de execuție a produsului.

Un mod de alcătuire a unui asemenea criteriu îl constituie elaborarea de norme sau standarde prin care produsele sunt împărțite pe *clase de calitate*. Pentru fiecare clasă sunt specificate defectele admise.

De exemplu, standardul SR EN ISO 25817:1993, bazat pe standardul ISO 5817: 1992, recomandă nivelurile de acceptare a defectelor îmbinărilor sudate cu arc electric. Sunt stabilite 3 niveluri de calitate (moderat, intermediar, sever) și sunt enumerate defectele cu dimensiunile lor limită, admise pentru fiecare nivel.

Acest tip de criteriu este cel mai răspândit în practică. El are, într-o oarecare măsură, caracter științific deoarece la întocmirea lui s-a ținut cont de experiența în domeniu și, eventual, de rezultatele unor cercetări ce stabilesc influența defectelor asupra comportării în exploatare a produsului, analiza unor avarii etc.

- **Criteriul rațional**, bazat pe studiul calitativ al influenței defectelor asupra diferitelor caracteristici ale pieselor (produselor) permite estimarea cu destulă precizie a comportării în exploatare a acestora.

Dintre toate criteriile enunțate, singurul care corespunde din punct de vedere tehnico-științific este cel rațional.

Criteriul rațional nu poate fi aplicat în momentul de față decât la produsele de mare importanță, necesitând un volum mare de muncă, concretizat prin numărul mare de date ce trebuie determinate, adunate, prelucrate și interpretate, pentru punerea la punct a criteriului și necesită cheltuieli deosebit de mari.

Pentru aplicarea unui criteriu A/R este necesar ca defectele să fie cunoscute, identificate, descrise și măsurate. Pentru a ușura procesul de identificare a acestora, având în vedere faptul că în realitate există o infinitate de posibilități de materializare a defectelor, standardele au fost concepute în așa fel încât orice defect să poată fi încadrat într-o categorie, „să poată fi judecat și condamnat sau nu”. Activitatea de „stăpânire” a defectelor presupune parcurgerea etapelor precizate în subcapitolul 2.1.

## Detectabilitatea defectelor

Prin *detectabilitatea* unui defect înțelegem capacitatea inspecției de a sesiza prezența acestuia prin aplicarea unor metode de investigare specifice, utilizând echipamente adecvate.

Clasificarea defectelor după detectabilitatea lor are o importanță practică deosebită, întrucât determină atât tehnologia de examinare, echipamentele necesare și nivelul de calificare de care trebuie să dispună personalul operator. Totodată, *de detectabilitate sunt legate gradul de încredere în inspecția efectuată și valoarea riscului producerii unei defectări ulterioare a produsului*.

Pentru estimarea detectabilității potențialelor defecte se iau în considerare toate metodele și tehnicile adecvate, performanțele acestora (aplicabilitate, sensibilitate, limitări), rezultatele unor activități de control anterioare, existența unor metode complementare (încercări mecanice, metalurgice, inspecții finale) etc.

Din punct de vedere al detectabilității, defectele pot prezenta (în ordinea descreșterii șanselor de detectare) :

- **detectare aproape sigură**, atunci când controlul curent oferă o foarte mare probabilitate de detectare, cu metode de examinare sigure și cu grad de incertitudine extrem de redus;

- **șanse mari de detectare**, atunci când prezența defectelor este ușor de sesizat, aplicarea metodelor de examinare este simplă, cu rezultate sigure și grad de incertitudine redus;
- **șanse moderate de detectare**, când probabilitatea metodelor de examinare de a detecta defectul este medie, din cauza unor factori perturbatori legați de configurația obiectului controlat, materialul acestuia sau limitele metodei. Unele defecte pot scăpa controlului, însă cea mai mare parte dintre ele sunt depistate;
- **șanse mici de detectare**. Probabilitatea controlului de a detecta defectul sunt mici, fie că nu există o metodă adecvată, fie că factorii perturbatori sunt puternici și/sau numeroși. Adeseori, defectul care a scăpat examinărilor este depistat abia în timpul exploatarea produsului;
- **imposibilitatea detectării**. Șansele de detectare sunt reduse la minimum. Defectul nu este detectat, „scapă controlului” și se poate manifesta în exploatarea produsului. Adeseori, nici măcar apelarea la metode speciale de investigare nu rezolvă problema.

Pentru mărirea detectabilității se pot încerca: schimbarea și/sau perfecționarea metodelor de examinare, aplicarea metodelor complementare și tehnicilor de examinare, apelarea la metode de investigare speciale. Toate aceste căi conduc însă la creșteri substanțiale ale costurilor legate de inspecția produsului. Printre factorii care condiționează detectabilitatea un rol important îl joacă poziția defectului în raport cu suprafețele pieselor și accesibilitatea acestora (fig. 2.1, v. subcap. 2.1).

### Severitatea defectelor

Prin *severitate* se înțelege măsura sau gradul în care defectul sau defectarea produsă de neconformitate provoacă daune sau afectează funcționalitatea produsului sau componentelor sale. Severitatea se stabilește pe baza efectului pe care o potențială defectare a produsului o are asupra utilizatorului acestuia.

În general, o neconformitate (defect) poate genera o defectare care să conducă la:

- pierderi economice mai mult sau mai puțin însemnate, denumite pe scurt, *incidente* (rebutări, remanieri de produse, deteriorări de subansambluri, echipamente);
- *accidente* ce afectează sănătatea sau integritatea corporală a omului, însoțite sau nu de pierderi materiale diferite (prin lovire, explozii, incendii, intoxicații etc.);
- poluarea mediului.

Dacă neconformitățile sunt de tipul discontinuităților macrostructurale, atunci severitatea este influențată de tipul acestora, în legătură cu evoluția în timp sau cu tendința lor de propagare sub acțiunea solicitărilor exterioare sau a tensiunilor interne remanente. Defectele bidimensionale sunt mai periculoase, întrucât prin efectul de crestare au o tendință mai pronunțată de rupere față de cele tridimensionale.

Explicația acestui fapt, pe scurt, este următoarea:

Pentru a produce ruperea unui material cu o *discontinuitate rotunjită (tridimensională)* este nevoie de o energie totală  $W_t$ , compusă din energia necesară producerii amorsei de rupere  $W_a$  și energia necesară propagării rupturii  $W_p$ :


$$W_t = W_a + W_p$$

În cazul existenței unei *discontinuități bidimensionale (ascuțită)*, amorsa există deja și energia totală necesară rupei,  $W_t$  se reduce doar la valoarea energiei de propagare. Este clar deci, că ruperea unui material conținând o discontinuitate ascuțită se produce mult mai ușor decât cea a unui care prezintă o discontinuitate rotunjită, deoarece  $W_t \ll W_p$ .

Un alt factor care influențează severitatea, de care trebuie să se țină seama, este distribuția discontinuităților, legată de frecvența de apariție a acestora în masa pieselor. Este evident faptul că o aglomerare de discontinuități micșorează secțiunea de rezistență a unei piese, iar o aliniere a lor, în lungul unei linii de forță, poate favoriza ruperea acesteia.

În practică, *severitatea* se caracterizează prin atribute, așa cum se vede în tabel

**Severitatea defectelor**

SEVERITATEA	Foarte mică	Minoră	Majoră	Critică	Hazardată
DEFECTE (orientativ)	Imperceptibile	Minore	Majore	Critice	Peste majore
DEFECTAREA	Neînsemnată	Nesemnificativă	Semnificativă	Însemnată	Catalectică
					

#### Observație

Nu există o scară standardizată a gradului de severitate. Pentru rezolvarea problemelor practice scara, stabilită de către utilizatori, depinde de domeniul de activitate și de cerințele de calitate și fiabilitate impuse produselor la care se face referință.

### Probabilitatea apariției neconformităților

Apariția neconformităților în timpul desfășurării unui proces legat de un produs este aleatorie. Procesele la care ne referim, pot fi identificate, luând în considerare toate activitățile în interacțiune, desfășurate pe întreaga durată de viață a produsului, așa cum sunt reprezentate pe bucla calității produselor.

Pentru a estima probabilitatea de apariție a neconformităților, care pot genera defectări, este necesară o analiză aprofundată a procesului luat în considerare și a tuturor factorilor care-l condiționează.

Astfel, se pot trece în revistă:

- **tipul procesului** (de proiectare-dezvoltare, de fabricație, de inspecție, de instalare, de vânzare-desfacere și de exploatare);
- **complexitatea și stăpânirea procesului** (simplu sau complex, timpul scurs de la implementare, deci maturitatea lui, istoricul său cu identificarea părților slabe sau forte);
- **cerințele de calitate și fiabilitate impuse produsului;**
- **resursele folosite la realizarea produsului** (financiare, infrastructură, umane);
- **calitatea materialelor folosite** (proveniență, standarde de calitate, modalitățile de transport și manipulare, depozitare etc.);
- **calitatea forței de muncă** (calificarea și certificarea personalului operator, instruirea și pregătirea continuă, stabilitatea personalului);
- **calitatea echipamentelor și adecvarea acestora;**
- **organizarea și conducerea proceselor;**
- **condițiile de exploatare a produsului** (instalare corectă, instruirea beneficiarului, mediul și condițiile de exploatare).

Având în vedere faptul că o astfel de analiză devine prea complicată uneori, se obișnuiește ca, în practică, se se facă o analiză a neconformităților împărțindu-le în următoarele categorii:

- neconformități (defecte) cauzate de erori făcute în *procesul de concepție* (proiectare-dezvoltare);
- neconformități (defecte) cauzate de greșeli comise în *procesul de fabricație*;
- neconformități (defecte) posibile în *procesul de exploatare* (instalare, folosire, mediu de lucru).

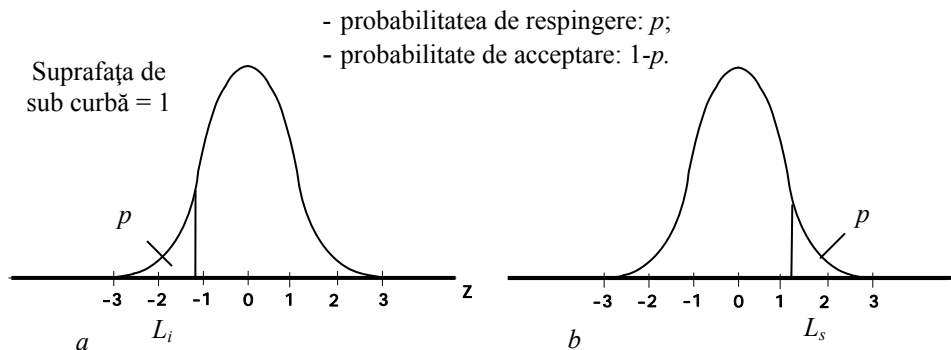
Stabilirea probabilității de apariție a neconformităților se rezolvă în practică în diverse moduri în funcție de cazul în speță, astfel:

Pentru produse noi, care urmează să intre în fabricație, neconformitățile care pot să apară din cauza unor erori de proiectare presupun tratarea lor în *plan virtual*. Se analizează proiectul și se identifică părțile slabe ale acestuia, care pot să genereze neconformități ale produselor. Eventual se elaborează și acțiuni preventive. Același mod de tratare se recomandă și pentru fabricație.

Pentru produsele aflate în fabricație lucrurile sunt mai simple. Neconformitățile apărute în diversele faze ale procesului de fabricație sunt înregistrate în documente denumite generic, *înregistrări* care constituie un foarte bun fond de date și care, prelucrate în mod corespunzător, fac posibilă identificarea cauzelor care le-au produs și frecvența apariției lor. Aceste date permit, de asemenea, determinarea probabilității apariției neconformităților. Se pot elabora acțiuni corective. Mai mult, datele obținute pot fi folosite și pentru estimarea probabilității neconformităților în cazul anterior prezentat, al produselor noi care urmează să intre în fabricație.

Instrumentele care pot fi folosite în acest scop sunt: fișele de înregistrare a neconformităților, histogramele, diagrama Pareto, diagrama cauză-efect (Ishikawa), metoda 6 $\sigma$ .

Rezultate deosebite se obțin analizând statistic procesele. Spre exemplu, având în vedere că marea majoritate a valorilor caracteristicilor calitative ale produselor corespund unei distribuții statistice normale, se poate utiliza curba de distribuție normală (curba lui Gauss) și tabelele de probabilitate ale distribuției normale standard, pentru calculul probabilității de apariție a neconformităților.



Acceptare/Respingere pe baza curbei Gauss.

Exemple de folosire a curbei de distribuție normală standard, pentru calculul probabilității de apariție a neconformităților:

- $a$  – probabilitatea  $p$  de apariție a unor valori ale caracteristicii, mai mici decât o valoare limită inferioară;
- $b$  – probabilitatea  $p$  de apariție a unor valori mai mari decât o valoare limită superioară.

În practică, pentru caracterizarea probabilității de defectare se folosesc atribute, în felul următor: rare, nefrecvente, moderate, frecvente, foarte frecvente (catastrofice). Valorile numerice

repartizate fiecărui calificativ depind de tipul produsului și condițiile de calitate și fiabilitate impuse acestuia (v. exemplul de la pct. 3.6)

### **Criticitatea defectelor și defectărilor**

**Criticitatea** este o măsură a gradului de defectare a unui produs, ca urmare a apariției unor defecte și a consecințelor acestora. Noțiunea este complexă și se determină prin luarea în considerație a probabilității, detectabilității și severității defectelor și defectărilor.

De aceea, a fost introdus *factorul de risc RPN (Risk Priority Number)*, definit ca fiind produsul:

$$\mathbf{RPN} = P \times D \times S \quad (3.2)$$

în care:  $P$  este probabilitatea,  $D$  – detectabilitatea, iar  $S$  – severitatea.

În funcție de valoarea **RPN** se stabilește gradul de criticitate pe o scară stabilită în prealabil pentru acest tip de produse. Această analiză poate fi aplicată produsului, cu referire la procesul de concepție, sau la cel de fabricație.

Un instrument practic pentru determinarea criticității îl constituie **Analiza Modurilor de Defectare și Evaluarea Criticității (AMDEC)**.