

# EFECTUL IMPERFECTIUNILOR DIN SUDURI ASUPRA REZISTENTEI LA OBOSEALA A STRUCTURILOR DIN ALUMINIU

Florin Filip Vacarescu

Universitatea de Nord Baia Mare, Bl. V. Babes 62A, România. Email: fildanor@zappmobile.ro

**Cuvinte cheie:** suduri, imperfectiuni, structuri din aluminiu, rezistentă la oboseală

## Abstract:

Weld imperfections can be classified by different characteristics, for example internal and external, source of imperfection, or the type of imperfection. A detailed description of possible weld imperfections is given in DIN 8524 and DIN EN 16520 (figure 2).

Weld imperfections reduced the fatigue strength, because the crack propagation in the heat affected zone or the weld itself.

## 1. Tipuri de imperfectiuni

Normativele și standardele care indică nivelele acceptate de defecte în suduri se referă atât la structurile din aluminiu cât și la cele din oțel. Schematic, acestea sunt prezentate în figura 1 [2].

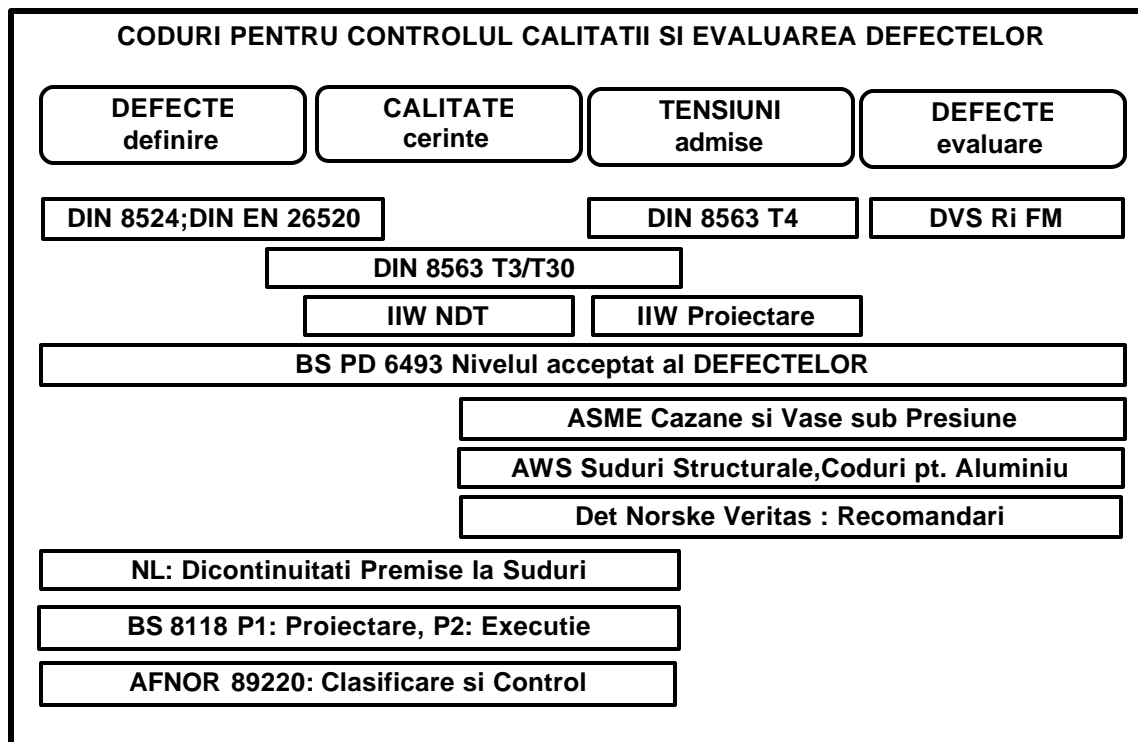


Figura 1. Coduri pentru controlul calitatii si evaluarea defectelor [2]

### Notatii:

DVS – Merkblatt Bruchmechanische Bewertung in Schweissverbindungen

DIN – normele germane

IIW – International Institute of Welding

BS – British Standard

BS PD 6493 – Guidance on some methods for the derivation of acceptance levels for defects in fusion welded joints

ASME – Boiler and pressure vessel code “Analysis of flaw indication”

Det Norske Veritas Recommendations – recomandările daneze

Cuantificarea efectelor pe care le au imperfecțiunile din procesul de sudare este îngreunată de necunoașterea modului complet de comportare la oboseala a zonei afectată termic (HAZ – heat affected zone).

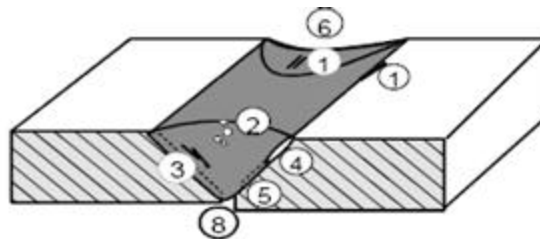
Imperfecțiunile din cordoanele de sudură se pot clasifica după mai multe criterii:

- surse interne sau externe de imperfecțiuni
- tipul imperfecțiunii
- din punct de vedere al mecanicii ruperii prin dimensiunile crăpăturilor, modul de propagare al acestora, precum și creșterile de tensiuni datorită reducerii suprafeței de acțiune

O descriere detaliată a posibilelor defecte care apar în procesul de sudare o dau normele germane DIN 8524 și DIN EN 16520. Aceasta poate fi urmărită în figura 2.

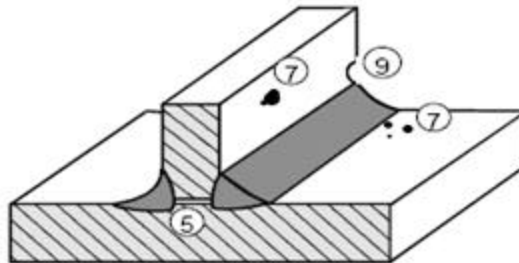
**Defecte interne :**

1. fisuri
2. pori
3. incluziuni oxizi
4. proasta fuziune
5. proasta penetrare



**Defecte externe :**

6. forma sudurii
7. stropi din electrozi
8. nealinieri geometrice
9. defecte mecanice după sudare



**Figura 2. : Gruparea defectelor la suduri cap la cap și de colț conform: DIN 8524, DIN EN 16520**

Cerintele de calitate ale sudurilor propuse de normele germane DIN 8563, T30 rezultă din analiza a 19 tipuri de suduri cap la cap și 14 tipuri de suduri în relief, dintre care 5 din prima categorie și 4 din a doua s-au studiat cantitativ iar celelalte calitativ. S-au determinat astfel 4 clase pentru suduri cap la cap notate AS, BS, CS, DS și 3 clase pentru suduri de colț notate AK, BK, CK. Caracteristicile stabilite de acest standard (DIN 8563, T30) reprezintă o parte din cele 110 posibile defecte în sudura continuate de normele DIN EN 16520.

## 2. Efectul imperfectiunilor din sudura asupra rezistentei la oboseala

### 2.1. Fisurile

Fisurile se formeaza în zona afectata termic sau chiar în cordon în timpul racirii (figura 3).Dupa un anumit numar de cicluri de încarcare,dimensiunile fisurilor cresc de la câteva milimetrii lungime si adâncime la dimensiuni vizibile.Crapaturi de aproximativ 100  $\mu\text{m}$  se formeaza în 10% din timpul total de viata pâna la cedarea structurii,iar daca aceste dimensiuni se pot reduce pâna la nivelul de 10  $\mu\text{m}$ ,procentul se reduce la 1% din timpul total de viata.

Efectele negative al fisurilor se poate atenua prin executarea sudurilor de catre personal calificat si elaborarea unei metode complete de executie.

Influenta fisurilor asupra curbelor de oboseala se poate urmari în figura 4, pentru cele doua tipuri de suduri din figura 3 [1]:

- sudura *nominala* care prezinta o serie de defecte : discontinuitati,depunere de zgura,alte defecte de depunere de material (fig.3a)
- sudura *ideala* ,executata fara defecte de depunere de material (fig 3b )

Cum era de asteptat sudura ideala prezinta rezistenta la oboseala mai buna decât sudura care prezinta defecte.

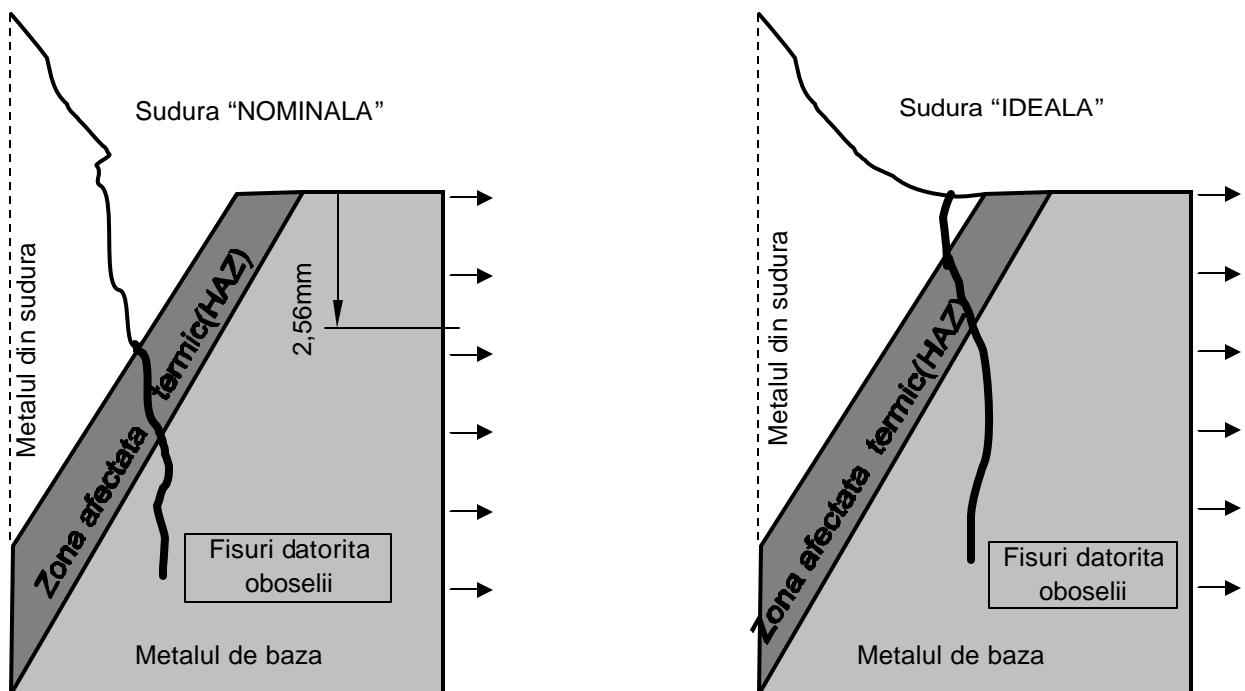


Figura 3.Fisuri în sudura ideala si nominala [1]

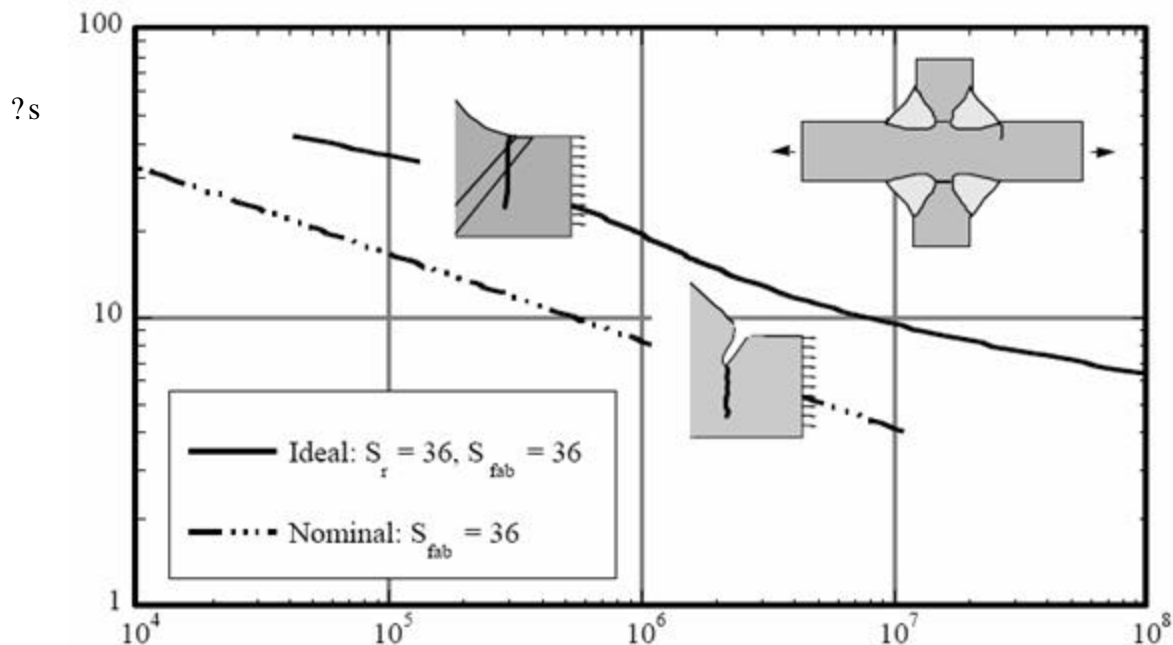


Figura 4. Curbele de oboseala pentru sudura *ideala* si respectiv *nominala* [1]

## 2.2. Porii

Porii se formeaza în timpul procesului de solidificare a materialului depus. Microporii cu dimensiuni initiale mai mici de 0,25 mm în diametru se pot transforma în macropori în timpul depunerii celui de-al doilea strat al cordonului de sudura. O porozitate de pâna la 35% va reduce durata de viata a unei îmbinari cap la cap executata cu piesa de baza si la care s-a înlaturat bombamentul cu un factor de pâna la 200. (figura 5 [2]).

Pentru o curba  $\sigma - N$  cu panta  $m = 4$  acest lucru înseamna o reducere a rezistentei la oboseala de 3,7 ori si aproape o dublare a tensiunii în sectiunea neta.

Rezistenta la oboseala pentru sudurile în relief nu este, în mod normal, afectata de porozitate.

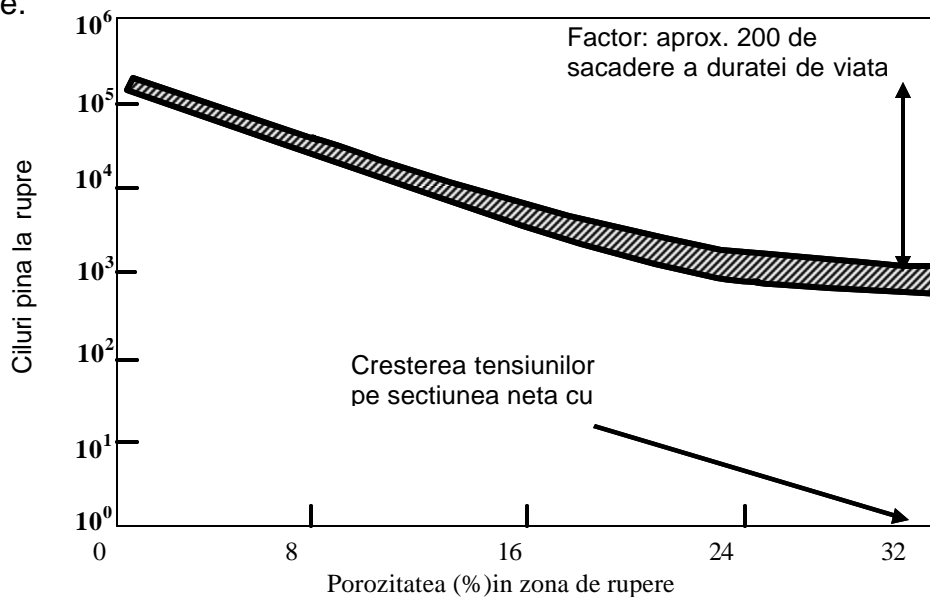


Figura 5. Influenta porozitatii asupra rezistentei la oboseala [2]

### 2.3. Lipsa de penetrare si fuziune

Aceste imperfecțiuni apar cel mai des la sudurile în relief care suportă încărcări (suduri de rezistență). Încercările experimentale au indicat faptul că fisurile se formează de la rădăcina sudurii, iar rezistența este direct proporțională cu reducerea secțiunii nete a cordonului. Dimensiunile acceptabile ale fisurilor pe grosimea cordonului sunt 1-2 mm la sudurile de colț și pot fi reduse până la 0,5 mm la suduri cap la cap cu bombamentul înlăturat [2]

Fisurile apar de regulă la rădăcina sudurii în relief. De exemplu la o îmbinare cu dublu cordon de suura în relief a unei secțiuni T cu grosimea de sudură de  $a = 0,6 t$ , fisura inițiată la rădăcina tranzitează spre piciorul sudurii la un raport  $0,6 < a/t < 0,8$ , unde  $t$  este grosimea minimă a pieselor din îmbinare.

Dacă sudurile de colț sunt de montaj, nu s-au remarcat influențe semnificative asupra rezistenței la oboseală.

### 2.4. Forma sudurii

Pentru îmbinarea sudată din figura 6 se remarcă că efectul vârfului de tensiune de la marginea cordonului de sudură, acolo unde apare și fisura (linia punctată), persistă pe o distanță de  $x/T \sim 0,3$ .

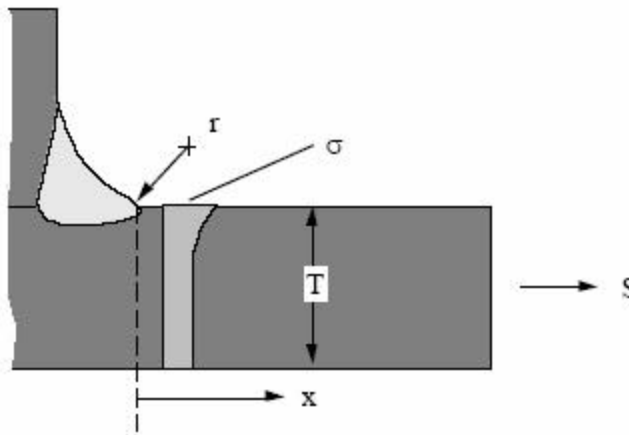


Figura 6. Efectul vârfului de tensiune în sudură persistă pe o distanță de  $x/T \sim 0,3$ .

Rezistența la oboseală scade cu cât raza de racordare este mai mare și la aceeași raza de racordare este mai mică pentru solicitarea de încovoiere decât pentru cea de solicitare axială (figura 7).

La o îmbinare cap la cap cu prelucrare în V, racordarea sudurii sub un unghi  $\alpha$  mai mare conduce la creșterea valorii rezistenței la oboseală (figura 8 [2]). Rezistența la oboseală a fost măsurată la  $3 \times 10^6$  cicluri pentru aliaj Al Mg Mn, cu grosimea piesei  $t = 9,4$  mm. Se poate accepta un unghi  $\alpha > 150^\circ$  pentru o rezistență de 90 MPa, ceea ce ar conduce la o înălțime de cordon egală cu  $h = 1,37 t$ .

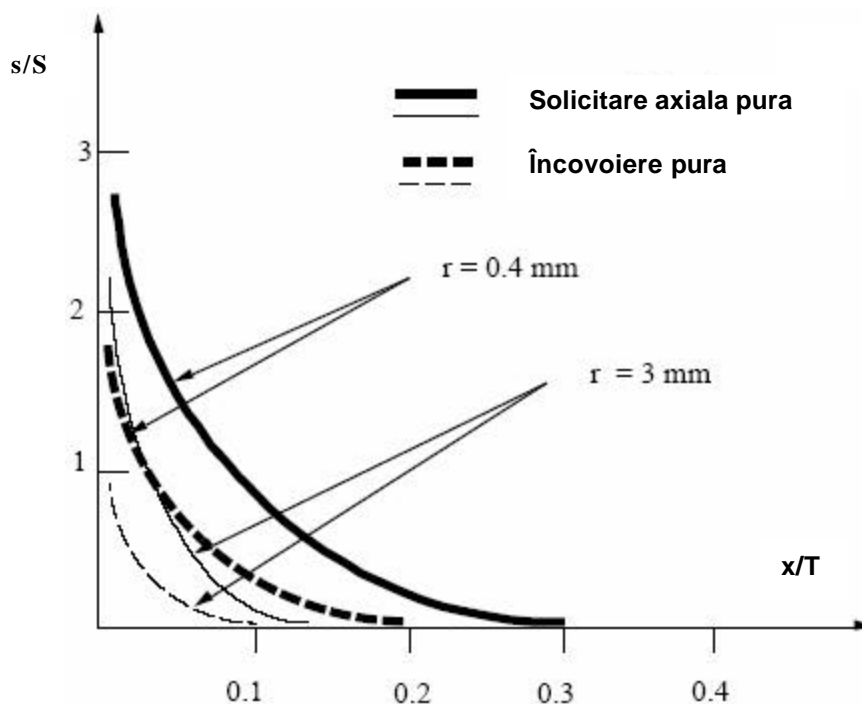


Figura 7. Scaderea rezistentei la oboseala functie de solicitare si raza de racordare

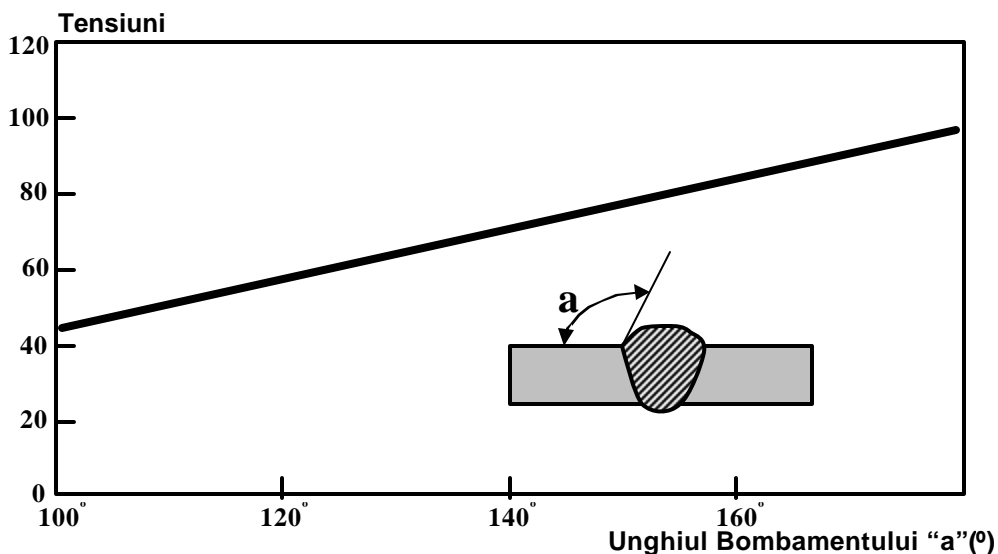


Figura 8. Influenta unghiului bombamentului sudurii asupra rezistentei la oboseala [2]

## 2.5. Asezarea pieselor în îmbinare ,nealiniera

Pentru îmbinarea în T din figura 8 piesele se pot aseză în trei moduri. Factorul de concentrare al tensiunilor (K) este mai mic pentru cazul pieselor în contact.

Pentru cazul nealinierii pieselor într-o îmbinare standardul BSPD 6493 da relatii pentru calculul tensiunilor din încovoiere ( $s_M$ ), care de exemplu pentru o placa sudata are expresia :

$$s_M = s_N \cdot 3 \cdot e/t \quad (1)$$

unde  $s_N$  este tensiunea axiala,  $t$  este grosimea placii de îmbinat si  $e$  este excentricitatea

$K = 6,4$

$3,6 < K < 6,4$

$K = 3,6$

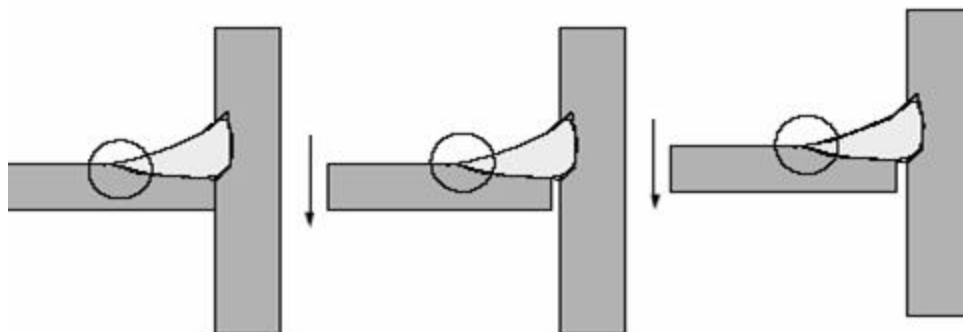


Figura 8. Influenta modului de asezare a pieselor [1]

În figura 9[2] se poate urmări influența nealinierei pieselor din îmbinare asupra rezistenței la oboseală.

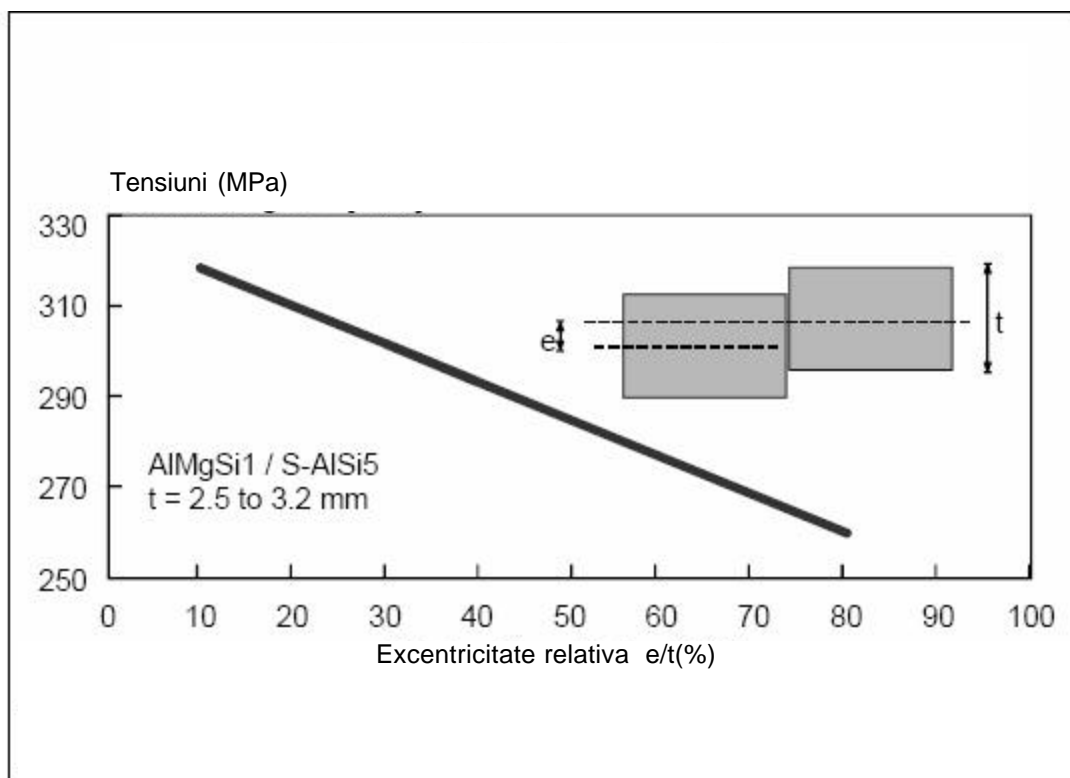


Figura 9. Influenta nealinierei pieselor asupra rezistenței la oboseală [2]

### 3.Concluzii

Durata de viata la oboseala este dominata de propagarea si cresterea fisurilor în special în îmbinările sudate. Imperfectiunile de executie a sudurilor reduc rezistenta la oboseala a îmbinarii,iar crapaturile pot aparea atât în zona influentata termic cât si în materialul depus în cordonul de sudura.

#### Bibliografie

1. Filip Vacarescu F.,Contributii la studiul comportarii structurilor din aluminiu sudate solificate la încarcari repetate,Referat doctorat 2,Baia Mare,2006.
2. TALAT 2401 Training in Aluminium Application Technologies Fatigue Behavior and Analysis prepared by D.Kosteas,EAA(European Aluminium Association),1994.
3. \*\*\* European Recommendation for Aluminium Alloy Structures. Fatigue Design.ECCS No.68 Brussels,1992
4. \*\*\* BS 8118:1991 – Part 1: Code of practice for design. Part 2:Specification for materials, workmanship and protection