

## PRECONFIGURAREA DIN FABRICAȚIE A STRUCTURII OPTIME A ALIAJELOR ANTIFRICȚIUNE PENTRU LAGĂRE

D. Dascălu

Academia Navală „Mircea cel Bătrân”, Constanța România

### 1. ASPECTE GENERALE

Pentru a fundamenta acest concept, se vor analiza două aspecte:

*I - Modificările în profunzime ale stratului superficial al materialelor, în urma așchierii;*

*II - Modificările structurale suferite de materialele lagărelor în stratul superficial în urma contactului cu frecare;*

Primul aspect este ilustrat în fig.1, care redă modificările în profunzime ale materialelor, în urma așchierii [1], [2]. Din desenul din figură, se remarcă faptul că în urma așchierii, stratul superficial al materialului prelucrat prezintă pe o anumită adâncime o structură modificată.

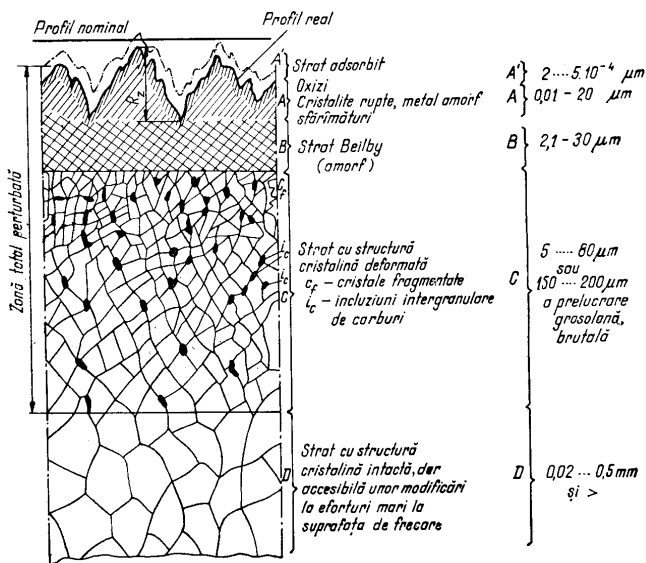


Figura 1. Modificările structurale după așchiere.

Conform determinărilor experimentale ce sunt redată în desenul din fig.1., rezultă că profilul real, rezultat în urma așchierii, este acoperit cu un strat superficial format din fragmente de cristale care sunt legate de materialul de bază prin legături reduse. Acest strat numit de adsorbție, ce este alcătuit fie din molecule polare, ce realizează cu materialul de bază legături de tip van der Waals, sau chimeosorbit dat de legăturile chimice de valență ce se stabilesc între structura profilului și fragmentele

de cristale apărute în urma procesului de așchiere.

Imediat, sub profilul real se remarcă un strat de oxizi, numit strat de reacție, dispus pe un strat cu structură cristalină distrusă, notat cu A și de stratul **Beilby**, cel notat cu B. Mai în profunzime, sub stratul **Beilby**, se întâlnește un strat notat cu C, ce este caracterizat de o structură cristalină deformată, care prezintă un mare număr de dislocații.

Aceste dislocații, fac ca stratul notat cu D, să aibă o structură cristalină intactă, dar tensionată, ce o face accesibilă unor modificări, în cazul unor solicitări mari de contact la suprafață, care să inducă modificări ale stării de tensiune, care la rândul lor să genereze deformații în straturile mai adânci.

Limitele dimensionale ale acestor straturi sunt redată pe desenul din fig.1. Toate aceste straturi determină starea structurală superficială a stratului antifricțiune, care se caracterizează printr-o anumită „memorie” a modului de generare, cu efecte directe în ce privește comportarea viitoare la frecare-uzură. Stratul **Beilby**, a fost pus în evidență încă din anul 1903, dar a fost confirmat experimental, după trei decenii și prezintă o structură fină cristalină (cu o mare densitate de dislocații) până la amorfă, mai dură decât materialul de bază. Acest strat este foarte important de obținut și menținut după rodaj [2]. Ansamblul format din straturile A', A, B, C, D, constituie o zonă în profunzimea materialului cu proprietăți și particularități multiple.

În continuare, acest strat este denumit de autor cu prescurtarea SIA (strat influențat de așchiere), iar valorile experimentale ce au putut fi determinate, sunt redată funcție de tehnologia de prelucrare în tabelul 1, de la sfârșitul lucrării conform [1], [2].

Analizând datele din tabelul dat rezultă cu claritate influența procedeelelor de prelucrare cât și nivelul de finisare a suprafeței asupra grosimii SIA.

Datorită tenacității și plasticității specifice materialelor antifricțiune, finisarea prin așchiere a acestor materiale ridică probleme deosebite. În practică se încearcă tot mai mult, completarea operațiilor de finisare prin așchiere cu alte procedee, cum ar fi, depunerile electrogalvanice, tratamentele

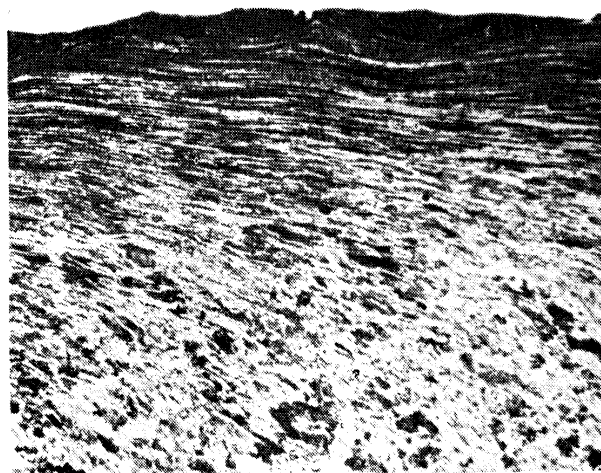
**Tabel 1.** Valorile stratului ce a suferit modificări funcție de procedeul tehnologic și calitatea suprafeței.

<i>Felul prelucrării</i>	<i>Rugozitatea Ra, Rz, [μm]</i>	<i>Stratul Beilby [μm]</i>	<i>Strat def. [μm]</i>	<i>Strat total [μm]</i>
Strunjire de degroșare, matrițare laminare la cald, adâncire	25-50 100-200	0.1	50-100	130-150
Strunjire, frezare, rabotare, burghiere, adâncire.	6.3-12.5 25.-50	0.05	25	50-70 (80)
Strunjire de finisare, frezare de finisare, rabotare, alezare, broșare.	1.6-3.2 8-12.5	0.01-0.02	5	15-20
Frezare precisă, rectificare, șevăruire, alezare, strunjire fină	0.6-1.2 3-6	0.003-0.008	2-4	4-8
Lustruire abrazivă fină, rabotare, alezare etc.	0.4—0.6 2-3	0.003-0.005	2-4	4-7
Rectificare de finisare, strunjire fină cu diamant, polizare, honuire, lepuire.	0.2-0.4 1-2	0.003-0.005	2-3	3-5
Lepuire, rectificare precisă.	0.1-0.2 0.5-1	0.003	1.5	2-2.5
Superfinisare mecanică, lustruire, șlefuire.	0.025-0.05 0.125-0.25	0.001-0.0015	1.5	1.7
Superfinisare electrolitică, lustruire.	0.012-0.025 0.063-0.125	0.0003	0.0034	0.01-0.2

termochimice, placare ionică, modificări structurale cu laser, etc. Autorul a experimentat și studiat, o soluție tehnologică originală, ce constă în finisarea statului antifricțiune printr-o operație de deformare plastică la rece, ce v-a fi denumit prescurtat **finplast.** Procedeul vine în concordanță cu concluzia [2], ce arată că „din punct de vedere tribologic de fapt straturile de suprafață sunt cele care influențează durabilitatea și fiabilitatea unui lagăr și nu restul materialului”. În urma deformării straturile  $A'$  și  $A$  vor difuza în stratul **Beilby** iar acesta la rândul său penetrând în straturile aflate sub el, v-a avea ca efect mărirea dimensiunii acestora.

Cel de al doilea aspect, legat de modificările în profunzime ale materialelor lagărului sub stratul de contact, datorită componente tangențiale sunt ilustrate în fig.2. în care este prezentată o fotografie ce redă structura stratului superficial al materialului unei cuple cu frecare, după un interval de timp de funcționare. Rezultă din această fotografie că, în urma contactului cu frecare cristalele materialului de bază au suferit o orientare preferențială, în straturi foarte subțiri după o direcție privilegiată care corespunde cu direcția și sensul de acțiune al forței de frecare. Pe de altă parte se poate observa că, acest strat se propagă diferențiat în adâncimea stratului de bază.

Aceasta arată că, datorită celor două componente ale forței de contact, normală și tangențială, dată de forța de frecare, stratul de material suferă în profunzime, transformări structurale importante. Este vizibilă transformarea structurală, dar și orientarea preferențială a cristalelor sub forma unor „scurgeri” de material pe direcția și în sensul acțiunii forței de frecare.



**Figura 2.** Deplasări și rotiri ale cristalelor din stratul superficial de contact, al materialului de bază al unui lagăr, datorită componente tangențiale de frecare.

## CONCLUZII

Cele două exemple descrise arată că:

- în urma aşchierii, materialul suferă în stratul superficial transformări structurale complexe; - sub acțiunea celor două componente ale contactului cu frecare, după un anumit timp de funcționare, materialul răspunde solicitării, prin crearea unei noi structuri cu proprietăți și calități tribologice de răspuns la solicitarea la care a fost supusă.

Cum și în cazul procesului de aşchiere regăsim cele două componente ale forței descrise mai sus, dar cu anumite particularități, stratul de material rezultat v-a suferii în adâncime și o orientare preferențială a structurii, asemănătoare cu cea redată în fig.2.

Aceasta arată că, aplicarea unei deformări plastice acestor straturi, prin prisma celor descrise până acum, trebuie să țină seama de sensul de deplasare a sculei aşchietoare. Datorită deformărilor suferite, legăturile dintre cristalele și fragmentele de cristale ale acestor straturi, precum și din interiorul cristalelor ce au suferit transformări structurale prin deplasări și/sau deformării, nu se pot reface, rezultând o structură tensionată, cu un număr foarte mare de dislocații, conferind stratului superficial al materialului proprietăți tribologice superioare, prin comparație cu cele ale materialului dinaintea deformării plastice.

Dacă se continuă creșterea solicitării, deformările după direcțiile principale de lunecare (cu densitate maximă de atomi) în interiorul cristalelor cresc, antrenând și modificări ale structurii periferice ale cristalelor ce constituie suprastructura materialului. Structura și chiar compoziția și densitatea atomică se schimbă foarte mult, rezultând modificări ale proprietăților mecanice ale aceluiași material.

Crescând valoric în continuare solicitarea corpului, după epuizarea deplasărilor după direcțiile principale de solicitare, atunci când compușii intermetalici rezultați blochează aceste plane de lunecare, încep deplasările după direcțiile secundare, caracterizate de un număr maxim de atomi, mai mic decât cel anterior, în conformitate cu conceptul actual, care acceptă că deformările au loc prin substituirile relative de atomi, când un atom ocupă în structură locul unui atom vecin. Aceasta antrenează modificări atât la nivelul geometriei suprastructurii, cât și al compoziției și densității acesteia, prin care materialul se poate ecruisa, proprietățile și calitățile fizico mecanice suferind transformări deosebite.

Dacă în plus, solicitările prezintă variații repetabile la intervale de timp relativ scurte, chiar și numai în cazul solicitărilor ce mențin numai deformații elastice, în timp, structura suferă modificări ce caracterizează fenomenul de oboseală a structurii. Este evident că fenomenul este mult mai complex și mai distructiv, dacă solicitarea se face cu forțe care să producă și componente plastice ale deformării.

Spre deosebire de materiale elastoplastice, la care se regăsesc cele două proprietăți de elasticitate și plasticitate, cele cu plasticitate foarte mare, cum este cazul materialelor antifricțiune, supuse unei solicitări exterioare, indiferent de natura și valorile sale, materialul răspunde printr-o modificare structurală, ireversibilă corespunzătoare valorii solicitării. Acest comportament specific în stare solidă a materialelor cu plasticitate mare, a fost definit cu noțiunea de **reconfigurare structurală**, prin care se definesc modificările de natură structurală ce intervin, atât la nivelul microstructurii (modificări ale structurii cristaline a grăuntelui), cât și la nivelul macrostructurii (modificările suprastructurii constituite de limitele grăunților cristalini, sublimite etc.

Prin prisma acestui concept, în fig.2 este redat un astfel de răspuns prin reconfigurarea ce a rezultat după un anumit timp de funcționare, timp în care materialul și-a găsit forma optimă de răspuns la solicitarea intervenită. Autorul consideră ca este perfect posibil a se realiza anticipat, încă în faza de fabricare a lagărului nu numai elementele geometrice conforme cu proiectul, dar și o structură optimă, pornind de la valorile sarcinilor ce au stat la baza proiectării. Astfel, pornind de la datele de proiectare, se cunosc sau se determină prin calcule sarcinile extreme de solicitare ale lagărului respectiv, după care se realizează în faza de finisare prin procedeul finplast, o solicitare cu sarcinile maxime, conform datelor de proiectare, fără a mai fi nevoie să treacă intervalul de timp amintit anterior, care conform literaturii de specialitate această perioadă de adaptare poartă numele de perioadă de rodaj.

Pentru acest concept, **ce constă în realizarea încă din faza de fabricare a unei structuri optime de răspuns a materialelor cu plasticitate mare, printr-o configurare structurală adecvată solicitărilor reale extreme la care va fi supus materialul lagărului respectiv, a fost propus termenul de preconfigurare structurală**. Conceptul este avantajos prin prisma faptului că, se realizează o extensie a procedeeelor cunoscute, devenite clasice, prin care în cazul oțelurilor, și nu numai, se modifică superficial sau în masă structura,

compoziția chimică, etc. al materialelor respective, prin tratamente termice, termo-chimice, ionizări, bombardare cu jet de laser, durcisare și altele, prin care se conferă proprietăți optime solicitării din exploatare și la materialele antifricțiune. În plus, lipsa componentelor elastice face ca, o structură de răspuns la o anumită valoare a solicitării, să se mențină până la apariția unei solicitări care să o depășească valoric, cu alte cuvinte ireversibilitatea transformărilor structurale în cazul materialelor antifricțiune. Conform teoriilor de durificare (Orowan) a acestor materiale, ca urmare a deplasării repetate a unor dislocații mobile, ce întâlnesc aceleași elemente structurale fixe, caz întâlnit la aplicări repetate de sarcini de valori crescătoare până la atingerea celei maxime de lucru poate produce un efect de precipitare. Dacă pentru materialele elastice, comportamentul de structură de echilibru optimă, ca răspuns la o solicitare exterioară se poate explica în cazul unor valori mai mici ale forței față de cea anterioară ce a acționat asupra corpului, prin existența componentei elastice, acest comportament este mai greu de interpretat în cazul celor plastice. Apariția microfisurilor în cazul materialelor antifricțiune, care stă la baza explicării fenomenului de ciupituri ale suprafeței lagărelor după o durată de timp relativ mare de funcționare, poate fi o explicație a comportamentului acestor materiale la sarcini variabile, ca un efect de îmbătrânire, prin stabilirea unor vacanțe sau atomi interstițiali, în poziții cu o stare de echilibru mai bună, făcând posibilă apariția de cloșări sau colonii, care se pot dezvolta generând microfisurile.

În concluzie, finisarea prin deformare plastică la rece, denumită de autor finplast, avantajos executată, poate genera anticipat o structură avantajoasă tribologic, prin deformarea și orientarea optimă a cristalelor dure din matricea moale a materialelor antifricțiune, precum și a suprastructurii în sens favorabil funcționării cuplei.

Acest lucru se întâmplă de la sine după o anumită perioadă de lucru a cuplei, corespunzătoare rodajului, care prin această abordare ar putea duce la o reducere a acestuia, sau chiar eliminarea sa.

Totodată, se poate reduce stratul de uzură de acomodare calculat din momentul proiectării, astfel ca jocul funcțional optim să fie atins din proiectare, și nu după rodaj.

### **Bibliografie**

1. **Dascălu, I.D.** Teză de doctorat „Contribuții privind îmbunătățirea performanțelor lagărelor cu alunecare, Univ. Transilvania, Brașov. 2003.
2. **Pavelescu, D.** *Tribotehnica. Ed. Tehnică. București, 1983.*
3. **Groza, I. Pridvoriuc, M., Sechel, P., Drăgulin, M.** *Deformarea plastică a metalelor și aliajelor neferoase, Ed. Tehnică, București, 1977.*