

# CERCETARI PRIVIND OPTIMIZAREA RECONDITIONARII PRIN SUDARE

FLOREA F. Adrian, FLOREA F. Ionuț

Conducător științific: S.I.dr.ing **Corneliu RONTESCU**, S.I.dr.ing **Dumitru-Titi CICIC**

**REZUMAT:** Lucrarea are scopul de a prezenta rezultatele obținute prin utilizarea analizei cu element finit cu privire la optimizarea tehnologiei de recondiționare prin sudare a unui arbore cotit utilizat din industria auto.

Se analizează influența fixării componentelor precum și a influenței temperaturii de preincalzire și a temperaturii de incarcare prin sudare.

**CUVINTE CHEIE:** reconditionare, arbore cotit, sudare, deformatii, modelare 3D.

## 1 INTRODUCERE

Arborele cotit (figura 1) este o componenta a motorului ce transformă mișcarea rectilinie a pistonului, prin intermediul bolțului piston și pendularea bielei, în mișcarea de rotație. Alternativ, arborele cotit transmite mișcarea de rotație (la compresoare cu piston și pompe cu piston) la bielă.

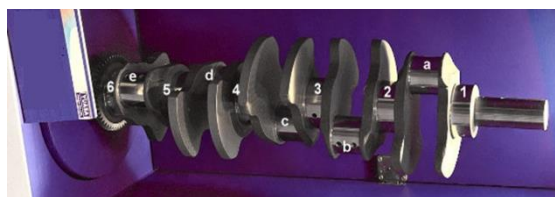


Fig. 1. 1, 2, 3, 4, 5, 6 – fusuri paliere, a, b, c, d, e – fusuri manetoane

Datorita conditiilor dificile de functionare a arborelui cotit, acesta trebuie sa reziste la tensiune de intindere, tensiune de compresiune, moment de incovoiere și uzura ce cauzeaza fisurarea la oboseala a fusului palier și a axului. Durata de functionare a unui arbore cotit determina durata de functionare a motorului.

În cazul în care componentele echipamentului sunt deteriorate în timpul funcționării, acestea pot fi înlocuite sau recondiționate, astfel încât acestea să poată fi aduse la valoarea dimensională inițială, astfel încât acestea să poată redobândi proprietățile inițiale mecanice. În cazul în care înlocuirea pieselor este costisitoare, piesele sunt recondiționate.

Recondiționare prin sudare este una dintre cele mai frecvente metode de recondiționare utilizate pentru piesele din industria automobilelor, datorită avantajelor sale: reducerea costurilor de producție; posibilitatea de a reconditiona majoritatea pieselor; creșterea durabilității a suprafețelor dure etc. Optimizarea tehnologiilor de reconditionare trebuie să fie făcut astfel încât atât aspectele economice și cele tehnologice trebuiesc luate în considerare.

Deformarea este cel mai important factor care influențează calitatea sudurii. Deformarea componentelor datorita sudurii și a tensiunilor reziduale, poate provoca nu numai fisuri la rece și fisuri fragile, dar, de asemenea, afectează și capacitatea portantă, precizia de prelucrare și stabilitatea dimensională a structurilor.

Procesul de modelare FEA (analiza cu element finit) necesită trei tipuri de date de intrare: geometria, încărcarea și proprietățile materialului. În scopul de a determina comportamentul de funcționare, o metodologie FEA a fost dezvoltată pentru a testa diverse tipuri de materiale și de sudura. Se proiectează un model solid și se aplică proprietățile materialului pentru arborele cotit. În cele din urmă, modelul FEA este construit cu controlul de discretizare localizat.

În mod normal, rezultatele structurale FEA sunt prezentate sub forma unor deplasări și tensiuni. Tensiunea Von Mises, de asemenea, este o măsură care contabilizează toate cele șase tensiuni generale ale unei componente 3D (Figura 2). Se poate observa că tensiunea von Mises este o măsură scalară non-negativă. Tensiunea Von Mises este frecvent utilizată pentru a prezenta rezultatele care au drept cauză siguranța structurală pentru mai multe materiale de inginerie care prezintă proprietăți elasto-plastice (de exemplu, oțel sau aliaj de aluminiu).

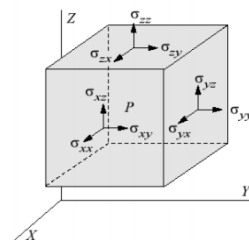


Fig. 2. Componentele tensiunii

## Cercetari privind optimizarea reconditionarii prin sudare

Tendința actuală în domeniul realizării produselor sudate este aceea de a minimiza sau elimina timpii neproductivi alocați efectuării încercărilor preliminare a tehnologiilor de depunere, respectiv sudare. Una dintre metodele prin care acest deziderat se îndeplinește este simularea condițiilor de lucru reale cu ajutorul soft-urilor specializate.

Din literatura de specialitate consultată, s-a putut constata că direcțiile de cercetare actuale încearcă să prestabilească cu ajutorul soft-urilor specializate istoricul termic al componentelor operațiilor de sudare, istoric cunoscut ca și câmp termic.

La nivel mondial sunt utilizate, cu rezultate excepționale, în activitatea de simulare a procesului de sudare, mai multe pachete de programe generale precum Ansys, Nastran, MSC Marc, Matlab, SolidWorks cât și specializate SysWeld.

Din multitudinea programelor amintite anterior datorită acurateței ridicate, ținând cont de procesul complex simulat și anume depunerea prin sudare, în cadrul cercetării au fost efectuate cercetari teoretice și experimentale cu ajutorul programului SolidWorks Simulation.

### 2 PROCEDURA EXPERIMENTALA

Comportamentul unui arbore cotit utilizat în industria automobilelor, în cazul în care acesta este supus recondiționare prin sudare a fost simulat prin luarea în considerare condițiile inițiale ale arborelui cotit studiate. Materialul de bază utilizat pentru a face arborele cotit este EN-GJS-600-3 din fonta, conform DIN EN 1564: 2012. Proprietățile mecanice și compoziția chimică a materialului de bază sunt prezentate în tabelul 1 și tabelul 2.

Indicarea materialului	Rezistență la tracțiune $R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0,2% Limita de curgere $R_{p0.2}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Alingire A [%]	Micro-structura
EN-GJS-600-3	600	370	3	Pearlita /ferita

Tabel 1 Proprietatile materialului testate pe o piesa conform DIN EN 1563:2012

Material de baza	C	Si	Mn	P	S
EN-GJS-600-3	2,5	1,8-2,8	0,3-0,7	≤ 0,08	≤ 0,02
	3,6				

Tabel 2 Compozitia chimica a materialului de baza conform EN-GJS-600-3

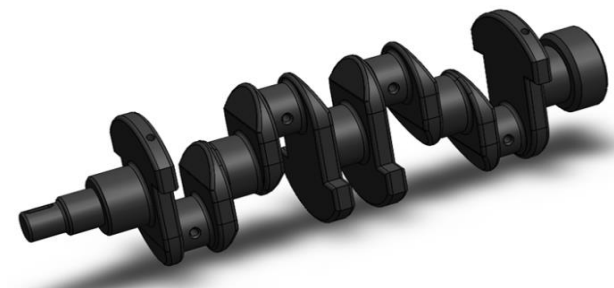
Pornind de la configurația geometrică reală a arborelui cotit așa cum este prezentat în figura 3.a,

am creat modelul său 3D, care este prezentat în figura 3.b.

Pentru a reduce nivelul de deformare internă și pentru a evita riscul de apariție a defectelor după procesul de recondiționare am preîncălzirea arborele cotit până la o temperatură de 200 ° C. Având în vedere acest aspect tehnologic, atunci când vom efectua simularea vom aplica sarcina termică a arborelui cotit la temperatura recomandată.



a)



b)

Fig. 3. Modelul arborelui cotit analizat; a) – modelul real, b) – modelul 3D realizat

În timpul procesului tehnologic de recondiționare arborele va fi fixat în dispozitive de prindere pentru o mai bună stabilitate a acestuia. Din punct de vedere tehnologic arborele poate fi fixat la unul din capete sau la ambele capete. Influența posibilităților de fixare se va analiza în primul studiu de caz (figura 4).

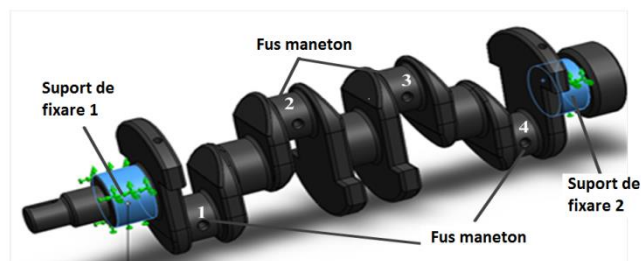
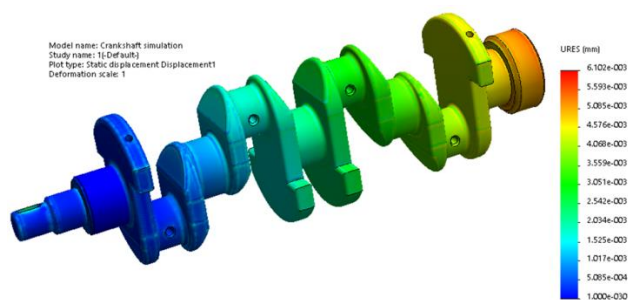


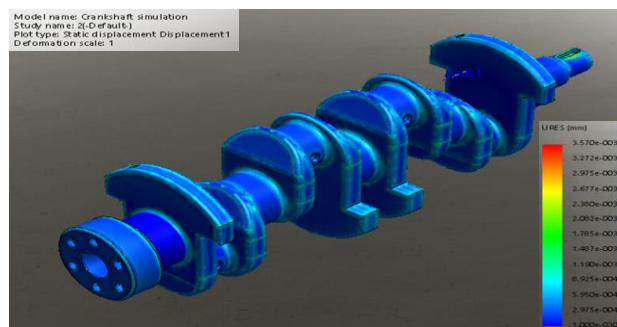
Fig. 4. Zonele de fixare și încărcare ale arborelui

### 3 REZULTATE

După realizarea încărcărilor de temperatură și punerea condițiilor de fixare pe modelul 3D realizat (figura 4) se trece la rularea programului de simulare. Rezultatele obținute cu privire la valorile deplasărilor rezultate sunt prezentate în figura 5.a, pentru fixarea la unul din capete și în figura 5.b, pentru fixarea la ambele capete. Din analiza valorilor deplasărilor s-a observat faptul că în primul caz nivelul maxim al deplasărilor este de  $d_1=6,10 \cdot 10^{-3}$  mm în zona opusă zonei de prindere iar în cel de al doilea caz nivelul maxim al deplasărilor atins este de  $d_1=3,57 \cdot 10^{-3}$  mm. În aceste condiții s-a observat faptul că prin alegerea soluției tehnologice de fixare la ambele capete a arborelui cotit nivelul deplasărilor se reduce aproximativ la jumătate. Din analiza valorilor tensiunilor prezentate în figura 6 se observa că valoarea maximă a acestora, chiar și în cazul de solicitare maximă prin fixarea la un sigur capăt, se situează sub valoarea limitei de curgere a materialului.



a)



b)

Fig. 5. Variația deplasărilor în volumul arborelui cotit: a) - cazul fixării la un cap, b) – cazul fixării la ambele capete.

În figura 6 sunt prezentate valorile tensiunilor von Mises rezultate în urma solicitării arborelui fixat la unul din capete.

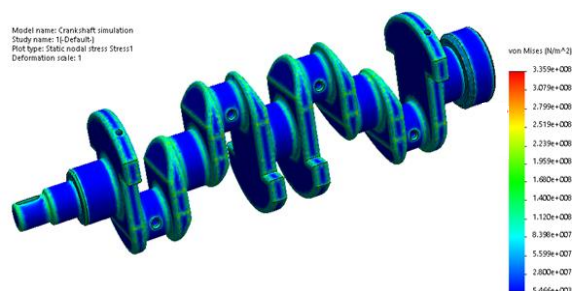


Fig. 6. Variația tensiunilor în volumul arborelui cotit în cazul fixării la un capăt pentru realizarea încărcării prin sudare

De asemenea, din analiza rezultatelor se observă că în primul caz zona cu deplasare maximă este în zona liberă a arborelui, spre deosebire de cazul al doilea când nivelul deplasărilor scade în zona de capăt și crește, în funcție de temperatura de preîncălzire în zona muchiei canalului de pană (figura 7). Din analiza rezultatelor obținute reiese faptul că varianta optimă de fixare a arborelui în vederea recondiționării este varianta de fixare la ambele capete.

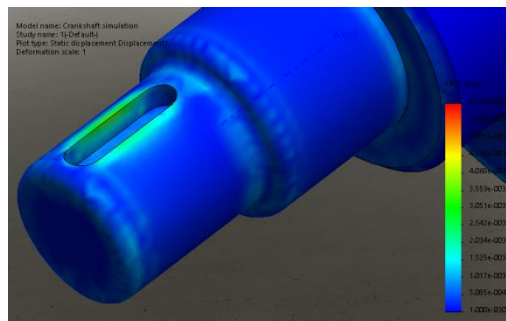
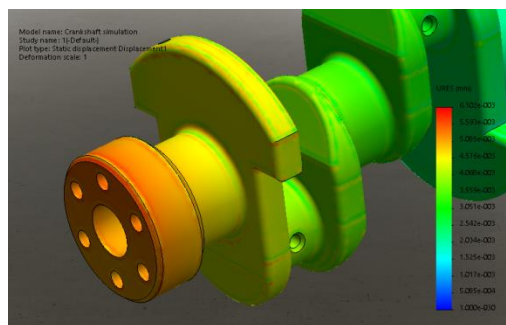


Fig. 7. Zonele de risc cu deplasări maxime

După stabilirea modalității optime de fixare în vederea recondiționării se analizează influența temperaturii de încălzire pe fusurile palier. Ținând cont de faptul că pentru varianta manuală de

## Cercetari privind optimizarea reconditionarii prin sudare

recondiționare se realizează încărcarea prin sudare pe fiecare fus palier în parte, modelul 3D s-a încărcat suplimentar pe suprafața fusului 1 (figura 4) cu temperatura materialului de adaos topit (aproximativ 1500°C).

În urma rulării programului de analiză cu element finit având la bază noile solicitări și analizând rezultatele obținute prezentate în figura 8, ne rezultă faptul că valoarea maximă a deplasărilor este de  $d_3=4,12 \cdot 10^{-2}$  mm.

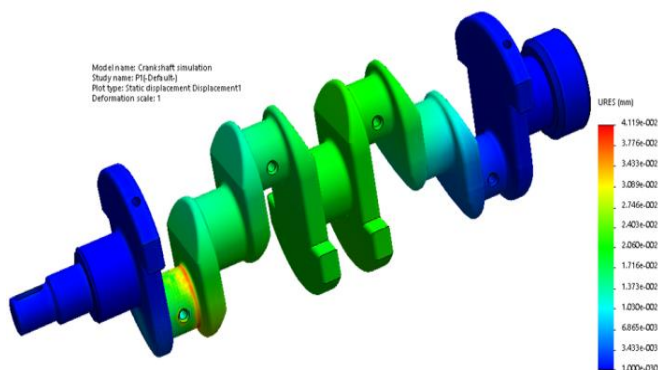


Fig. 8. Variația deplasărilor în volumul arborelui cotit în cazul încărcării fusului palier

În figura 9 sunt prezentate zonele de risc, în cazul încărcării fusului palier, unde deplasările sunt maxime.

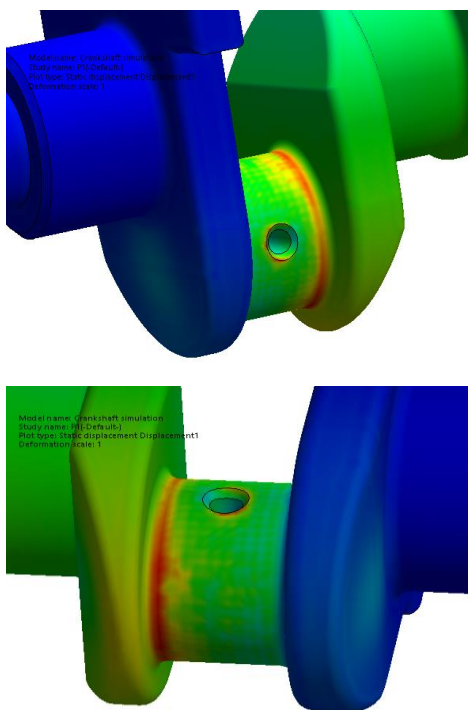


Fig. 9. Zonele de risc cu deplasări maxime în cazul încărcării fusului 1

Din analiza figurii 9 s-a observat faptul că valorile maxime ale deplasărilor sunt întâlnite în zona de trecere dintre fusul palier și elementele adiacente ale arborelui (contragreutăți), în zonele tehnologice de racordare, precum și în zona găurilor de ungere.

## 4 CONCLUZII

Analiza FEM (metoda elementului finit) poate fi utilizată cu succes în vederea stabilirii influenței tehnologiilor de recondiționare prin sudare asupra deplasărilor rezultate în timpul reparației.

Din analiza rezultatelor se poate concluziona că modul de așezare al arborelui în vederea recondiționării prin sudare își pune amprenta într-un mod semnificativ asupra valorilor deplasărilor arborelui. Din acest punct de vedere se observă, din analiza figurii 5, că soluția optimă de așezare este cea de fixare la ambele capete.

Din analiza zonelor de risc rezultate în urma procesului de FEM ne rezultă faptul că produsul prezintă pericolul de deformare puternică în zona de trecere dintre fusurile palier și elementele adiacente ale acestora (contragreutate) precum și în zona găurilor de ungere.

În vederea realizării recondiționării prin sudare se va acorda o atenție deosebită în momentul încărcării zonelor găurilor de ungere precum și a zonelor de trecere dintre componentele arborelui.

În zonele de risc se recomandă, înainte de încărcarea fusurilor palier, să se realizeze depunerea unui cordon de sudură la valori mai mici ale intensității curentului de sudare, pentru a limita domeniul de pendulare al arcului electric precum și posibilitatea de atingere nedorită a zonelor adiacente.

## 5 BIBLIOGRAFIE

- [1] D.T. Cicic, G. Iacobescu, Informatizarea și optimizarea proceselor de sudare, Politehnica Press, ISBN 978-606-515-577-0, 2014
- [2]. D.T. Cicic, C. Rontescu, C.Gh. Amza, D.Popescu, Thermal field modeling for welding without filler material, U.P.B. Sci. Bull., Series D, Vol. 75, Iss. 2, pp. 97-106, 2013
- [3] Pei Feng Zhao, Yi Wen Zhang, The Effect and Analysis of the crankshaft journal fillet rolling for runout, Advanced Materials Research, Vols. 690-693 (2013), pp 3170-3174