

TEHNICI AVANSATE DE OPTIMIZARE A SOLUȚIILOR CONSTRUCTIVE ALE ROBOȚILOR DE TIP PICK & PLACE

IONIȚĂ Iris Maria

Facultatea: Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Specializarea: Robotică,
Anul de studii: IV, e-mail: ionitairis@gmail.com

Conducător științific: Prof. dr. ing. **Cristina PUPĂZĂ**

REZUMAT: Lucrarea constă într-o optimizare de topologie efectuată pe brațul unui robot industrial de tip SCARA, model ABB IRB 910SC/0.65. Plecând de la un model plin, s-au urmărit reducerea deformațiilor totale și a masei brațului prin eliminarea de material. Pentru a obține rezultate cât mai bune au fost definiți o serie de parametri: regiunile care urmează a fi optimizate și cele care trebuie excluse, suportul fix al structurii, punctul de aplicare al încărcării și valoarea forței care solicită structura, precum și direcția după care va fi eliminat materialul.

CUVINTE CHEIE: optimizare, topologie, braț, robot, geometrie

1. Introducere

Proiectarea asistată convențională, bazată pe experiență și intuiție este înlocuită în prezent de strategii care combină simularea cu procedurile de optimizare, analiza probabilităților și calculul statistic. Rezultatul este proiectarea într-un mediu virtual, în care se generează automat o soluție optimizată [1]. După numărul criteriilor de optimizare, procedurile pot fi uni sau multicriteriale.

Criteriile de optimizare sunt de multe ori contradictorii. De exemplu, se poate urmări maximizarea rigidității, a factorilor de siguranță, dar și minimizarea greutateii și a costurilor. De aceea, optimizarea multicriterială este, de fapt, un compromis între diferitele criterii și constrângeri, care conduc la un „cel mai bun” set de parametri ce satisfac cerințele utilizatorului.

După modul de lucru, procedurile de optimizare se împart în două mari categorii (Fig. 1)[1]:

a) proceduri directe, care se bazează pe simulare prin analiză structurală, cum sunt optimizările de formă, topologie și topografie

b) proceduri de optimizare indirecte bazate pe meta-modele, care folosesc pentru găsirea optimului un model obținut prin aproximare. Meta-modelul este un înlocuitor care este optimizat fără a mai recurge la analiza structurală cu elemente finite.



Fig. 1. Proceduri de optimizare directă [1]

În proiectare, la realizarea unui produs, tehnicile de optimizarea structurală prin MEF se accesează de mai multe ori și anume: optimizarea topologiei - în faza de început, pentru stabilirea formei constructive, optimizarea formei - la elaborarea detaliilor, sau la reproiectarea produsului - optimizarea multicriterială [1]. În Fig. 2 sunt reprezentate etapele de realizare a unei componente de la ideea inițială, la modelul CAD necesar fabricației.

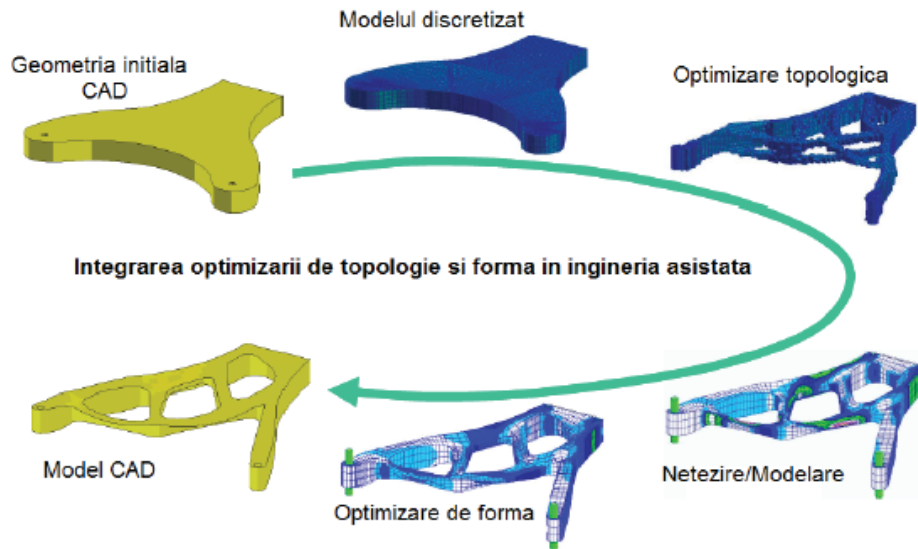


Fig. 2. Integrarea optimizării directe în ciclul de proiectare [2]

2. Modelul virtual

Modelul CAD al robotului industrial de tip SCARA, ABB IRB 910SC/0.65 a fost importat de pe site-ul firmei ABB în format STEP. În Fig. 3 este marcat cu negru conturul brațului care urmează să fie optimizat. Forma constructivă adoptată de firma ABB pentru brațul robotului (Fig. 4) a fost considerată un model de referință.

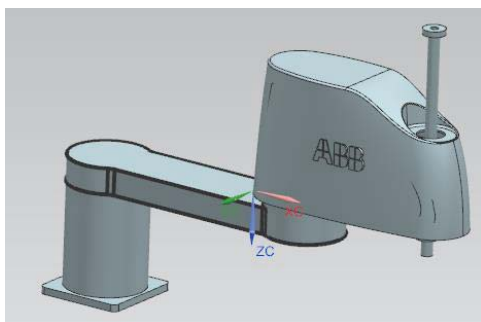


Fig. 3. Robotul ABB IRB 910SC/0.65

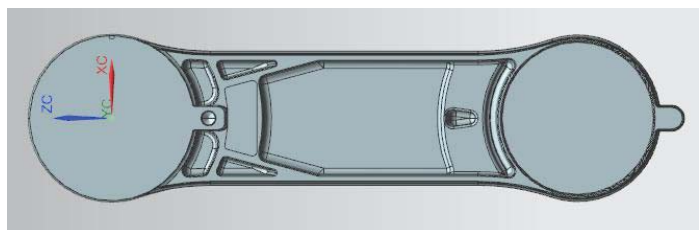


Fig. 4. Forma brațului 1 al robotului oferită de producător

În Fig. 5 este reprezentat modelul construit pentru analiza de topologie a brațului robotului, care respectă caracteristicile dimensionale ale modelului importat, dar nu conține detalii constructive, constituind un volum plin.

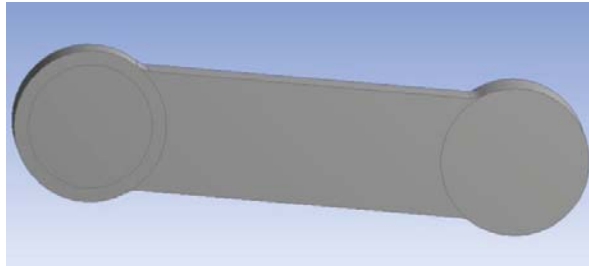


Fig. 5. Brațul 1 modelat pentru analiza topologică

3. Simulări preliminare

Etaşa următoare a studiului a constat în optimizarea de topologie a segmentului al doilea al robotului, prin care s-a urmărit reducerea masei și a deformațiilor totale ale structurii. Figura 6 cuprinde proiectul construit în ANSYS Workbench, cu modulele de simulare folosite și modul în care aceste module au fost cuplate.

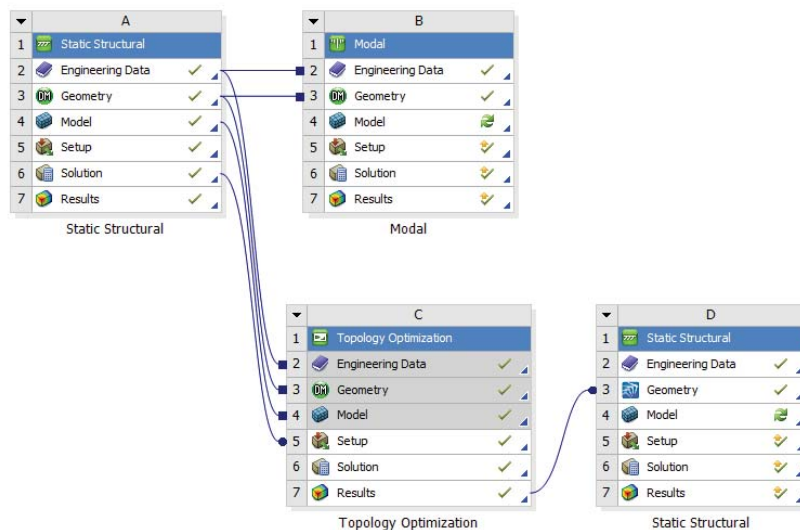


Fig. 6. Module ANSYS Workbench. Succesiunea analizelor

Geometria a fost importată în analiza statică, unde s-au calculat deformațiile totale și tensiunile echivalente inițiale, pentru structura neoptimizată.

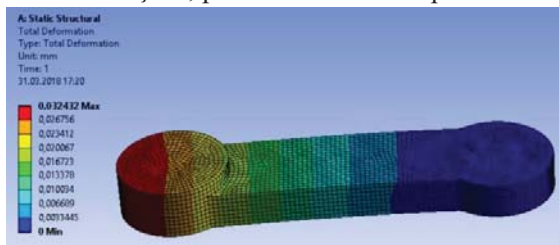


Fig. 7. Deformații totale ale modelului inițial

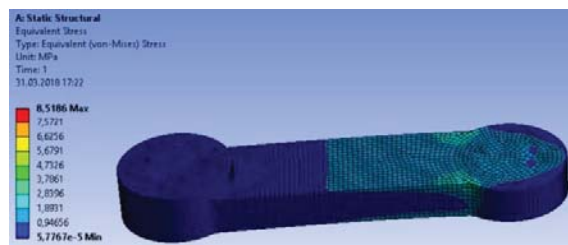


Fig. 8. Tensiuni echivalente ale modelului inițial

Se poate observa faptul că deformațiile inițiale maxime sunt de 0,032 mm, iar tensiunile de 8,5 MPa. Valorile deformațiilor inițiale nu sunt mari din punct de vedere structural, dar ele influențează precizia de poziționare a robotului. Analiza statică a fost continuată cu o analiza modală prestransă, pentru a determina modurile proprii de vibrații, frecvențele proprii și factorii de participare. Această analiză este necesară pentru verificarea rezonanțelor la frecvențele de lucru ale robotului.

Rezultatele din cele două analize au fost transferate în analiza de topologie (Topology Optimization). Aici au fost definite regiunile care urmează a fi optimizate și cele care trebuie excluse, suportul fix al structurii și punctul de aplicare și valoarea forței care solicită structura, calculată însumând masa portantă maximă a robotului cu masa ultimului segment al robotului.

4. Optimizarea topologiei

Pentru realizarea optimizării de topologie a fost folosit modulul dedicat din programul ANSYS v.18.0 [2]. În Fig. 9 sunt reprezentate condițiile în care a fost realizată optimizarea topologiei brațului.

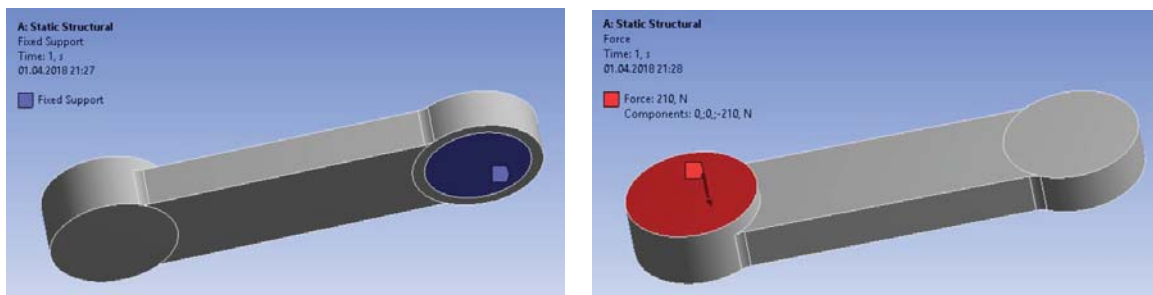


Fig. 9. Restricții și încărcări preluate din analiza statică

În Fig. 10 sunt marcate entitățile geometrice care sunt considerate în procesul de optimizare, precum și suprafețele înghețate în acest proces.

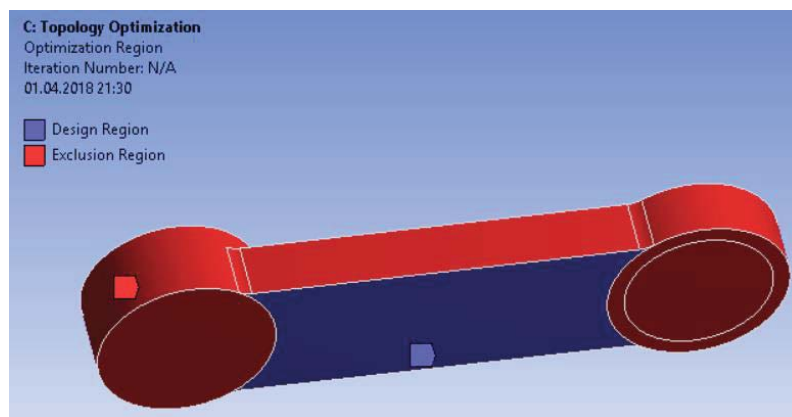


Fig. 10. Regiuni pentru optimizare definite

Ultimul pas în definirea parametrilor optimizării de topologie a fost definirea constrângerilor pentru reducerea masei și a deformațiilor totale, direcția după care se va elimina material, precum și dimensiunea minimă a segmentului robotului, parametri esențiali prin care s-a constrâns optimizarea.

Importante și deosebit de eficiente în determinarea formai constructive o constituie constrângerile de fabricație care au fost de asemenea incluse în optimizare.

Rezultatele optimizării sunt prezentate în Fig. 11. Forma discretă rezultată a fost filtrată și importată în modulul SpaceClaim pentru refacerea geometriei. Reconstruirea se face proiectând curbele obținute pe un alt plan și extrudarea acestora. In final se pot crea muchii, teșituri sau raze de racordare pentru o geometrie continuă, cu o formă realizabilă din punct de vedere tehnologic.

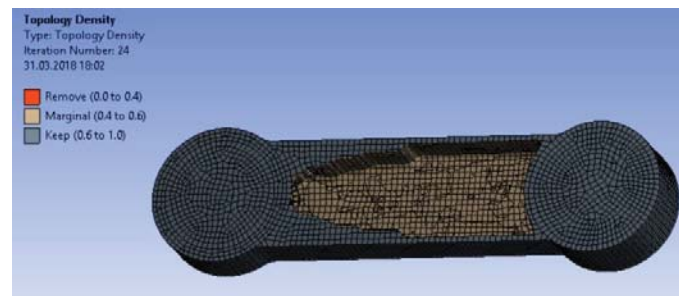


Fig. 11. Geometria obținută

Pentru a putea utiliza această geometrie în programele de modelare 3D, aceasta trebuie transferată în modulul SpaceClaim pentru recuperare. Recuperarea constă în reconstruirea geometriei proiectând curbele obținute într-o anumită secțiune pe un alt plan și extrudarea acestora (Fig. 12). De asemenea, în acest modul, se pot crea muchii, teșituri sau raze de racordare pentru a obține o geometrie continuă.

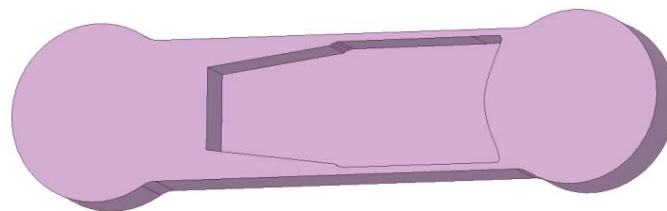


Fig. 12. Geometria recuperata in modulul SpaceClaim

Ultima etapă a fost validarea modelului obținut, prin transferarea rezultatelor din analiza de topologie într-o nouă analiză statică. Aici s-a constatat că masa segmentului a fost redusă cu cât s-a cerut prin constrângeri, iar deformațiile totale și tensiunile echivalente au fost reduse semnificativ și localizate în zone mai restrânse.

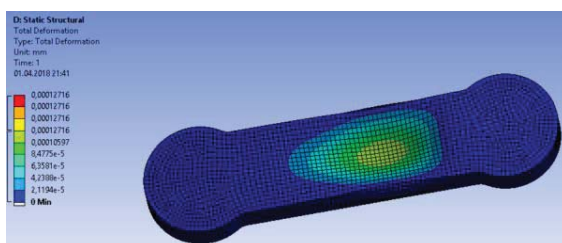


Fig. 13. Deformații totale ale modelului optimizat

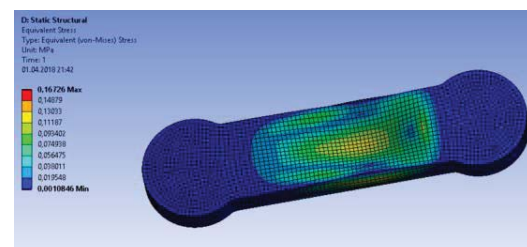


Fig. 14. Tensiuni echivalente ale modelului optimizat

5. Concluzii

În urma optimizării de topologie s-a obținut o geometrie mai simplă, cu o masă mult redusă față de modelul inițial, fapt ce va reduce valorile forțelor de inerție în timpul funcționării robotului. Totodată, prin optimizarea structurii s-au obținut și valori mult mai mici ale tensiunilor echivalente și ale deformațiilor totale, fiind inferioare ca ordin de mărime valorilor impuse de precizia de poziționare a brațului robotului.

Noutatea cercetării constă în folosirea unor capabilități noi de optimizare implementate în sistemele CAE care conduc rapid și precis la definirea unor forme constructive realizabile din punct de vedere tehnologic, în condițiile intervenției minime a utilizatorului. Prin acest studiu, etapa de refacere a formei constructive a fost redusă la câteva comenzi simple de postprocesare a rezultatelor optimizării de topologie.

Optimizarea prin simulare este o strategie nouă de proiectare. Ea începe printr-o analiză structurală, urmează apoi găsirea relației dintre performanțele cerute și parametri de proiectare. Studiul poate fi continuat prin evaluarea influenței deformațiilor elastice ale brațului robotului în punctul de lucru și compensarea acestora prin program.

Bibliografie

[1] C. Pupăză, *Modelare CAD-FEM*, Editura POLITEHNICA PRESS, ISBN 978-606-515-519-0, București, 2013.

[2] *** ANSYS v. 18.0 User's Manual, 2017