

## PROPAGAREA FISURILOR PENTRU SEPARAREA CAPACULUI DE BIELĂ DE CORPUL ACESTEIA ÎN PROCESUL DE FABRICARE

ANTONACHE Florin-Cristian<sup>1</sup>

Conducător științific: Prof.univ.dr.ing. **Dan Mihai CONSTANTINESCU**

**REZUMAT:** În această lucrare s-a studiat tehnologia de fabricare a bielor pentru motoarele cu ardere internă folosite pe automobile. Operațiunea de interes analizată a fost cea de separare a capacului de bielă de corpul acesteia pentru ca biela să poată fi montată ulterior pe fusul maneton al arborelui cotit. Posibilitățile tehnologice de realizare sunt cea prin tăiere cu pânză și cea de rupere prin aplicarea bruscă a unei presiuni mari pe suprafața interioară a capului bielei. Propagarea fisurii pe traiectoria dorită în timpul solicitării se realizează cu ajutorul unor concentratori de tensiuni, prin aplicarea cu șoc și modul de fixare și prindere.

**CUVINTE CHEIE:** fisură, bielă, fabricare

### 1 INTRODUCERE

Principiul de funcționare al unui motor cu ardere internă constă în transformarea energiei produse în urma arderii amestecului aer-combustibil în lucru mecanic, disponibil la arborele cotit.

Mecanismul motor este ansamblul de piese care face posibilă preluarea și transmiterea forței de presiune a gazelor din cilindru către arborele cotit.

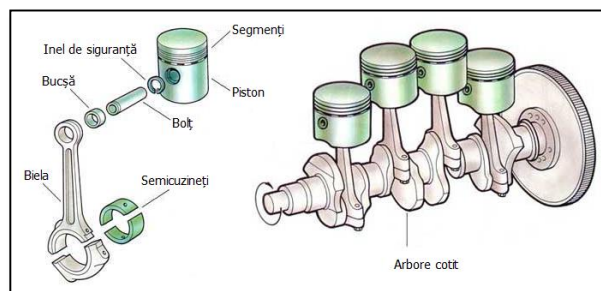
Biela face parte din mecanismul motor și are rolul de a prelua forța de apăsare a presiunii gazelor prin intermediul pistonului și bolțului pe care o transmite arborelui cotit.

De asemenea, biela împreună cu fusul maneton al arborelui cotit, transformă mișcarea de translație a pistonului în mișcare de rotație la arborele cotit.

### 2 STADIUL ACTUAL

În prezent materialele și tehnologiile de fabricare ale bielor asigură rezistențe ridicate la oboseală în funcționare.

Tendențele sunt spre optimizarea procesului de fabricare, descoperirea și utilizarea unor materiale mai ieftine și cu proprietăți satisfăcătoare de exploatare sau a unor materiale cu proprietăți superioare celor utilizate actual.



**Figura 1 Elementele componente mobile ale mecanismului motor<sup>[5]</sup>**

### 3 ASPECTE GENERALE

Biela este piesa de legătură între bolțul pistonului sau al unui cap de cruce și fusul maneton al arborelui cotit.

Biela se compune din:

- partea bielei articulată cu bolțul, numită capul mic sau piciorul bielei;
- partea centrală, numită corpul bielei;
- capul mare al bielei, care se montează pe fusul maneton al arborelui cotit cu ajutorul capacului bielei;
- **capacul bielei.**

La motoare cu ardere internă sau la motoare cu ardere externă, biela transmite mișcarea rectilinie alternativă a pistonului la arborele cotit, pe care o transformă în mișcare de rotație.

<sup>1</sup> Specializarea Siguranța și Integritatea Structurilor, Catedra Rezistența Materialelor, Facultatea IMST.

E-mail: [antonache\\_florin@yahoo.com](mailto:antonache_florin@yahoo.com);

## PROPAGAREA FISURILOR PENTRU SEPARAREA CAPACULUI DE BIELĂ DE CORPUL ACESTEIA ÎN PROCESUL DE FABRICARE



**Figura 2 Componentele mobile ale unui motor V8 de 6200 cm<sup>3</sup> (Chevrolet Corvette)<sup>[6]</sup>**

- 1 – bielă (picior cu bucsă inserată); 2 – piston;  
3 – segment; 4 – bolț; 5 – inel de fixare;  
6 – șurub; 7 – capac; 8 – cuzinet.

Prin intermediul bielei mișcarea rectilinie alternativă a pistonului este transformată în mișcare de rotație a arborelui cotit, pe care o transformă în mișcare de rotație (la motoare cu ardere internă sau la motoare cu ardere externă), sau pentru a transforma mișcarea de rotație a arborelui cotit în mișcarea rectilinie alternativă a pistonului (la compresoare cu piston și pompe cu piston).

În cazul compresoarelor cu piston și pompelor cu piston biela transmite mișcarea de rotație a arborelui cotit la piston, pe care o transformă în mișcare rectilinie alternativă.

Biela trebuie să fie rezistentă la încovoiere, torsiune, comprimare, întindere și destul de ușoară pentru a avea o inerție redusă.

Pentru o funcționare echilibrată a unui motor, greutatea bielei este un parametru foarte important (*aceeași formă trebuie să aibă aceeași greutate*).

Pistonul se prinde prin intermediul unui bolț de extremitatea bielei numită picior. Corpul bielei face legătura între picior și cap (care se fixează de fusul maneton al arborelui cotit). **Capul bielei** are o parte demontabilă, numită **capac**, care servește la prinderea bielei de arborele cotit.

Biela trebuie să reziste la solicitări mecanice intense produse de forța de presiune a gazelor și de inerția pieselor în mișcare. Pistonul se fixează de piciorul bielei prin intermediul unui bolț.

Acesta este fixat în bielă și se poate roti în locașurile pistonului. Între piciorul bielei și bolț nu există contact direct, între acestea fiind inserată o bucsă din metal mai moale (bronz) care are rolul de a reduce frecările.

Pentru prinderea capacului bielei se utilizează două șuruburi. Soluțiile mai noi de bielle nu prevăd

și piulițe pentru șuruburi, acestea fiind înfiletate direct în capac. Pe capac cât și pe bielă sunt prevăzute știfturi și orificii care să permită montarea capacelor doar într-o singură poziție.

La un motor, capacele bielelor nu sunt interschimbabile, tot timpul un capac va fi montat la aceeași bielă.

Bielele sunt fabricate din oțeluri aliate de înalte rezistență în unele cazuri, pentru motoare de înaltă performanță, se utilizează bielle pe bază de titan.

### 3.1 Materiale

Uzual, biellele sunt confecționate din :

a) oțel carbon de calitate (STAS 880-66, mărcile OLC 45x, OLC 50 )

b) oțel aliat cu elemente de aliere: Cr, Mn, Mo, Ni, V (STAS 781-66, mărcile 40c10; 41 MoC11; 41 VmoC17; STAS 8580-74, marca 34MoCN 15AT );

c) aliaj ușor (duraluminu);

d) fonta cu grafit nodular.

Rezistența de rupere la tracțiune a oțelurilor pentru biela trebuie să fie cuprinsă între 80...105 daN/mm<sup>2</sup>. Biellele din oțeluri aliate se lustruiesc fiind foarte sensibile la concentrarea de tensiuni.

O metoda mai eficienta si economica de ridicata a rezistentei la oboseala, s-a dovedit a fi ecruisarea (durificarea bielelor cu alicie ).

Șuruburile de biela se execută din oțeluri aliate pentru îmbunătățire (STAS 791-66, mărcile: 45C10; 41CN12; 34MoCN15 ) cu rezistența la rupere de 70...80 daN/mm<sup>2</sup>.

Bucșele din piciorul bielei se confecționează din bronzuri cu rezistența ridicată la uzare și rupere (bronz cu plumb, bronz cu aluminiu, bronz fosforos).

### 3.2 Solicitări în exploatare

Biela execută o mișcare complexă de translație și de pendulare și este supusă acțiunii forței produse la comprimarea amestecului și la destinderea gazelor arse, forța care variază ca valoare, direcție și sens.

De aceea, biela este solicitată la încovoiere, răscucire (torsiune), comprimare, șocuri și uzură.

Pentru a corespunde acestor cerințe, biela trebuie să fie rigidă, rezistentă la uzură, încovoiere, torsiune și destul de ușoară.

Ea se va confecționa din oțel carbon de calitate sau din oțel aliat prin matrițare la cald sau prin turnare din duraluminu sau fonta cu grafit nodular.

La biețele confecționate din oțel, înainte operațiilor de finisare se aplica un tratament de călire de îmbunătățire, urmat de revenire.

Elemente de legătură și/sau montaj :

- șurubului pentru strângerea capacului de biela, care sunt șuruburile speciale, cu filet rezistent obținut prin rulare și au cap profilat.

Piulițele lor sunt piulițe cu autoîmpănare și prevăzute cu șaibe „cu nas”, care se îndoiesc după strângere, pentru a se asigura împotriva deșurubării

- semicuzineți pentru capul mare

- cuzinet pentru capul mic

În capul piciorului bieței este presat un cuzinet, prevăzut cu un alezaj în care se montează bolțul de piston.

La unele motoare, bolțul de piston este presat în capul mic al bieței. În alte cazuri, bolțul de piston are un joc de 0,003-0,006 mm, fata de alezajul cuzinetului.

În anumite cazuri, îndeosebi la M.A.S. 2, îmbinarea bolțului cu biela se face pe rulmenți cu ace.

Corpurile bieței are secțiunea transversala în forma de H pentru a rezista la flambaj și torsiune și pentru a fi mai ușor.

El este prevăzut uneori cu un canal longitudinal, prin care este refulat uleiul dintre fusul maneton spre bolțul de piston.

Capul mare al bieței are plan de separație cu capacul bieței, fata de care se strânge cu 2-4 șuruburi, cu cheia dinamometrica.

### 3.3 Operații de control

În cadrul controlului prin prelevare se efectuează:

- controlul alezajelor;

- controlul abaterilor de la paralelism și al distanței dintre fetele laterale;

- absența fisurilor și a golurilor.

Fac precizarea ca verificarea alezajului capacului mare și capacului mic al bieței se face cu micrometrul pentru interior sau dispozitive cu ceas comparator.

Verificarea cu șublerul se face doar când se determină distanța dintre axe.

Se verifică încovoierea bieței prin așezarea bieței pe un platou plan-paralel sau pe un geam și se observă zona unde suprafața plană a bieței nu mai atinge suprafața plană a geamului sau a platoului plan-paralel.

În acel loc se observa mărimea fantei de lumina și se introduce o lamela de interstițiu (leră) care indica valoarea săgeții încovoierii.

- Torsiunea sau răsucirea bieței, care demonstrează ca axele piciorului și capului nu mai sunt coplanare. Verificarea se face pe platoul plan paralel, ca și în cazul încovoierii.

- Greutatea bieței este, de asemenea, un parametru foarte important, care influențează funcționarea „rotunda”, silențioasă, fără vibrații, a motorului. Toate biețele trebuie să aibă aceeași greutate. Se admite o toleranță de 5-10 grame, de la o bila la alta.

- Dacă pe flancul capului mare și capacului bieței sunt poansonate cifrele care indica numărului cilindrului în care se montează biela.

În atelierele de specialitate, încovoierea și răsucirea bieței se verifica cu ajutorul unor dornuri speciale care se vor monta în alezajele capului mic și capului mare, care vor fi „palpate” cu ajutorul unui ceas comparator fixat pe un suport special.

În fabricile constructoare se verifică simultan coplanaritatea axelor, diametrul alezajelor și distanța dintre axe.

### 3.4 Recondiționarea biețelor

Dacă exploatarea motorului se face corespunzător toate piesele mecanismului motor nu necesită întreținere, reparație sau înlocuire.

Biela se poate defecta (deforma) doar în anumite situații speciale.

Se poate întâmpla ca, din diferite motive, apa să pătrundă în cilindri.

Datorită faptului că apa este incompresibilă, la sfârșitul cursei de comprimare apar forțe foarte mari care conduc la deformarea extremă a bieței.

În aceste cazuri este recomandat ca toate componentele mecanismului motor să fie înlocuite deoarece forțele extreme apărute, chiar dacă nu au deformat vizibil piesele, să afecteze jocurile normale de montaj.

## PROPAGAREA FISURILOR PENTRU SEPARAREA CAPACULUI DE BIELĂ DE CORPUL ACESTEIA ÎN PROCESUL DE FABRICARE



**Figura 3 Deformarea bieiei din cauza pătrunderii lichidului de răcire în cilindri (blocaj hidraulic)<sup>[6]</sup>**

Principalele efecte ale bieielor sunt:

- îndoirea corpului bieiei
- uzarea alezajului cuzinetului
- uzarea alezajului semicuzineților
- uzarea alezajului capului mic al bieiei
- uzarea sau deteriorarea alezajului mare al bieiei

- fisurarea sau ruperea bieiei

Îndreptarea corpului bieiei se face cu un dispozitive speciale.

Dacă alezajul cuzinetului capului mic al bieiei este uzat, se va depresa cuzinetul cu ajutorul unui dorn se va presa un cuzinet nou și se va rectifica apoi cu ajutorul unui alezor, suprafața interioară a cuzinetului la diametrul nominal prescris.

Dacă alezajul capului mic al bieiei, în care se presează cuzinetul, este ovalizat sau rizat (din cauza slăbiri și învârtirii cuzinetului), se strunjește gaura la o dimensiune majoră și se presează un cuzinet cu diametrul exterior majorat.

Bucșa cuzinet se poate confecționa din bronz cu aluminiu (STAS 19872-75), plumb (STAS 1512-75) sau din bronz pe baza de staniu (STAS 1972-76).

Recondiționarea lagărului maneton se va face prin înlocuirea semicuzineților, corespunzător treptei de reparație a fusului maneton.

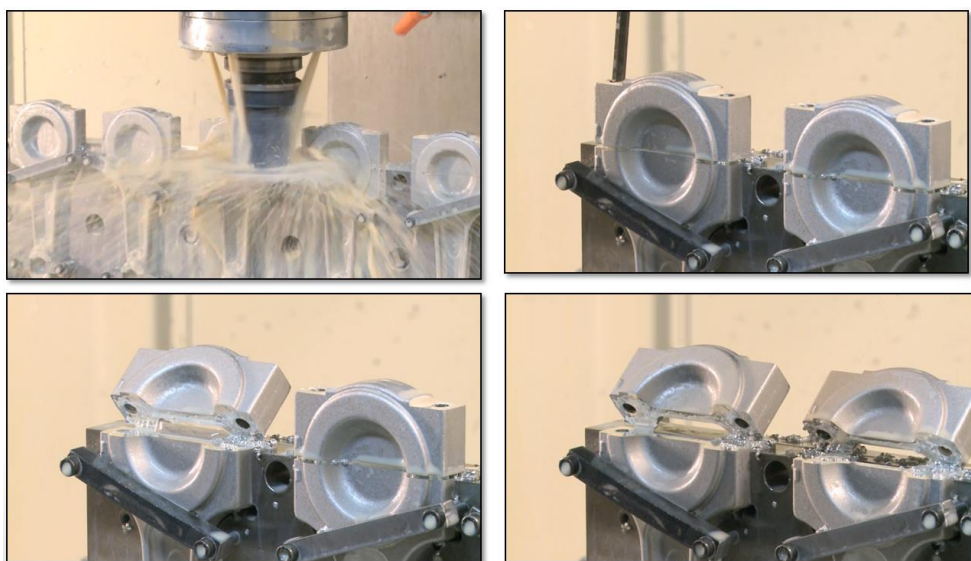
## 4 PRINCIPALELE ETAPE ALE METODEI DE FABRICARE

Fluxul tehnologic și numărul de etape necesare pentru fabricarea bieielor poate să difere în funcție de materialul utilizat, costul de producție urmărit, tipul motorului pe care va fi utilizat etc.

**Tabelul 1. Principalele operații necesare pentru prelucrarea mecanică a bieiei**

Nr. crt.	Denumirea operației	Mașina-unealtă
1	Rectificarea simultană a suprafețelor plane a capului și piciorului bieiei pe o față, întoarcerea piesei și rectificarea fețelor opuse în mai multe treceri	Mașină de rectificat plan cu platou magnetic
2	Demagnetizare	Dispozitiv de demagnetizare cu bandă
3	Prelucrarea alezajului din piciorul bieiei prin burghiere alezare	Agregat de găurit
4	<b>Retezarea capului de bielă de corpul acesteia</b>	Agregat de retezat cu disc
5	Rectificarea simultană a suprafeței de îmbinare (corp și capac)	Mașină de rectificat cu disc
6	Prima strunjire a alezajului din capul bieiei la o prindere pereche a corpului și capului	Mașină de rectificat plan Strung paralel
7	Executarea găurilor pentru șuruburi în capacul și corpul bieiei	Mașină de găurit cu cap multiaxe
8	Filetarea găurilor pentru șuruburi din corpul bieiei	Mașină de filetat

9	Controlul intermediar	Aparatură de control
10	Asamblarea bieiei cu capacul	Banc de montaj
11	Strunjirea simultană a alezajelor din capul și piciorul bieiei cu respectarea antraxului	Mașină specială de strunjit
12	Presarea bușei în alezajul piciorului bieiei	Banc de montaj
13	Strunjirea de finisare a alezajelor din capul și piciorul bieiei cu controlul efectiv al dimensiunilor	Mașină specială de strunjit
14	Control intermediar	Aparatură de control
15	Demontarea capacului bieiei	Banc de montaj
16	Frezarea locașului pentru pintelul cuzinetului simultan la corp și capac	Mașină de frezat universală
17	Asamblarea bieiei cu capacul	Banc de montaj
18	Cântărirea și marcarea masei suplimentare	Cântar
19	Frezarea adaosului de material de la capul și piciorul bieiei	Mașină de frezat
20	Cântărirea și sortarea pe grupe masice, marcarea	Cântărire
21	Controlul final	Aparatură de control
22	Conservare	Baie de conservare



**Figura 4. Etapa de retezare a capacului de bielă de corpul acesteia**



PROPAGAREA FISURILOR PENTRU SEPARAREA CAPACULUI DE BIELĂ DE CORPUL ACESTEIA ÎN PROCESUL DE FABRICARE

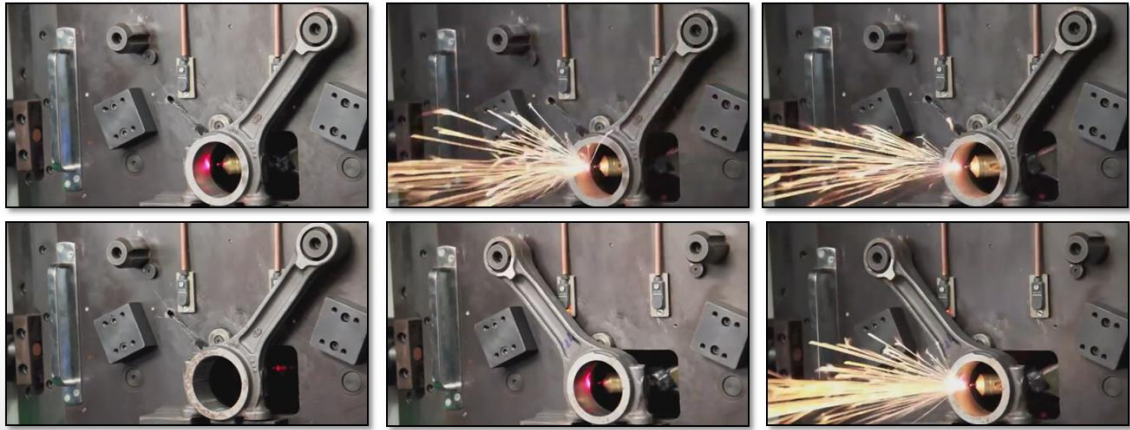


Figura 5. Realizarea concentratorilor de tensiuni

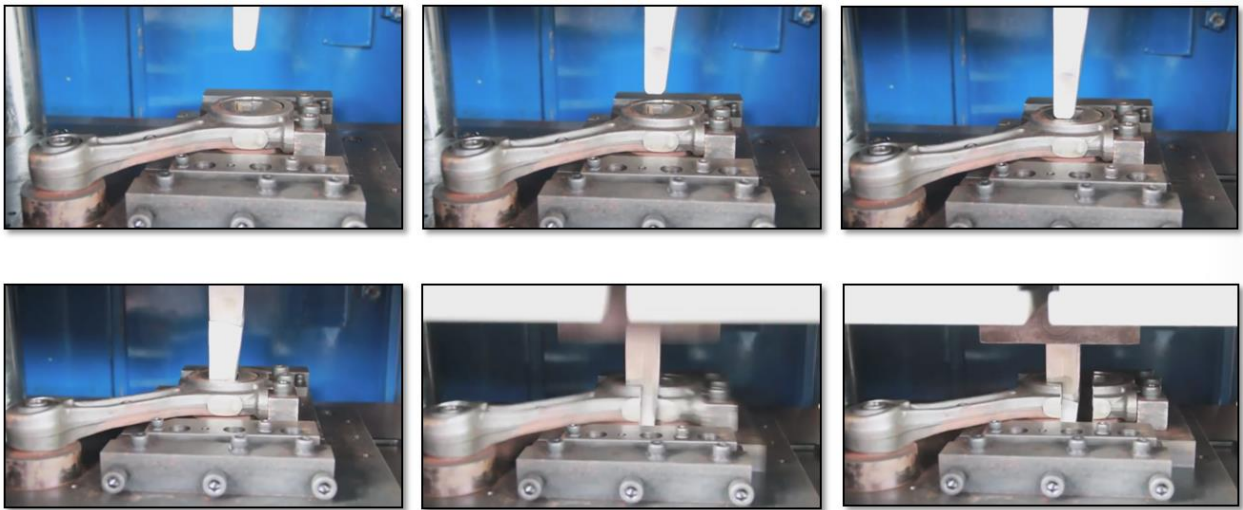


Figura 6. Aplicarea cu șoc a presiunii pe interiorul capacului bielei

5 SIMULARE NUMERICĂ

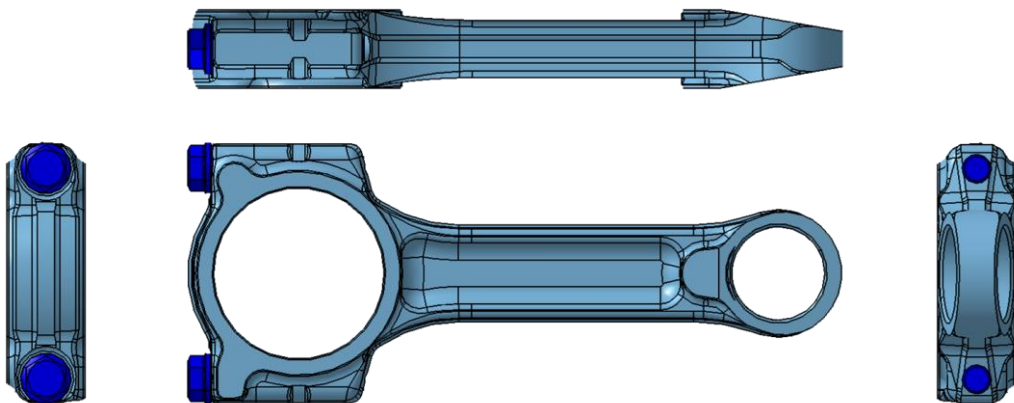


Figura 7. Modelul 3D al bielei studiate

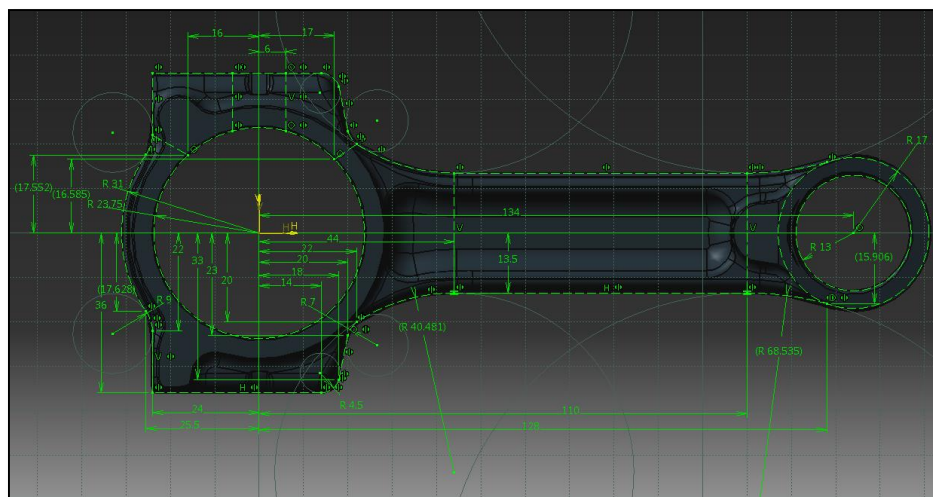


Figura 8. Măsurarea dimensiunilor geometriei bielei

Figura 6. Realizarea geometriei, a concentratorilor de tensiuni și a subregiunilor in CASCA v3.2

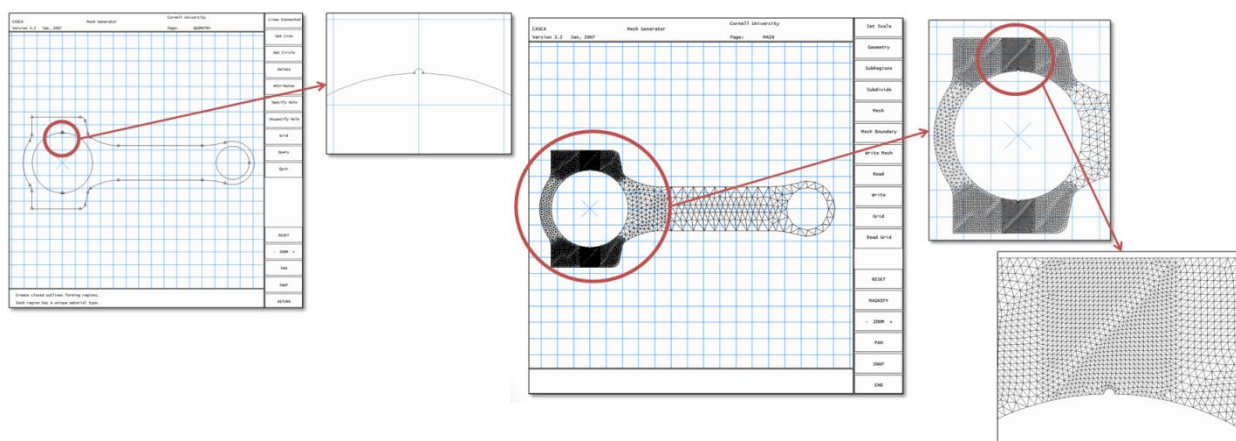


Figura 9. Realizarea discretizării cu elemente de tip tetraedru cu 3 noduri și 3 laturi

## 6 CONCLUZII

Printr-o înțelegere corectă și profundă a fenomenelor fizice, acestea pot fi simulate numeric suficient de precis într-un studiu de caz, obținându-se rezultatele concludente.

Alegerea optimă a aproximărilor geometrice și a ipotezelor simplificatoare de calcul duc la obținerea unor rezultate foarte apropiate de valorile calculate analitic, cu o eroare admisibilă a preciziei.

Reducerea timpului și costurilor de fabricare se obține prin alegerea unei succesiuni de operații cât mai simple și prin optimizarea fluxului.

Materialul utilizat la fabricare trebuie ales astfel încât să se obțină o fiabilitate cât mai ridicată, o masă cât mai redusă, reparabilitatea piesei și o bună siguranță în exploatare.

Pe același model se pot efectua mai multe tipuri de analize (statice, dinamice, modale, termice, aerodinamice etc.) într-un interval de timp relativ scurt și se poate aproxima cu o precizie satisfăcătoare comportamentul acestuia la diferite solicitări;

Timpul necesar unei simulări poate fi redus semnificativ dacă se alege corect tipul elementului cu care se face discretizarea (brick, shell, beam), numărul de cicluri de rulare și o discretizare diferită pentru elementele componente sau pentru zonele generale ale piesei în funcție de importanța lor sau interesul pe care îl prezintă în cazul unui mod de solicitare;

Acuratețea rezultatelor obținute este cu atât mai bună cu cât eroarea de calcul admisă este mai mică și

## PROPAGAREA FISURILOR PENTRU SEPARAREA CAPACULUI DE BIELĂ DE CORPUL ACESTEIA ÎN PROCESUL DE FABRICARE

cu cât discretizarea se face elemente finite de dimensiuni cât mai reduse.

### 7 MULȚUMIRI

Aș dori să mulțumesc pe această cale domnului As.dr.ing. Dragoș APOSTOL pentru sprijinul și îndrumarea oferite pe parcursul realizării acestui studiu.

### 8 BIBLIOGRAFIE

- [1] Constantinescu, D.M. (2014-2015). *Mecanica Ruperii – note de curs*. Universitatea Politehnica din București, Facultatea Ingineria și Managementul Sistemelor Tehnologice, Departamentul Rezistența Materialelor, București.
- [2] Frățilă, Gh. (1982). *Calculul și construcția automobilelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [3] Gaiginschi, R., Zătreanu, Gh. (1995). *Motoare cu ardere internă – Construcție și calcul*. Editura Gheorghe Asachi, Iași.
- [4] Grunwald, B. (1980). *Teoria, construcția și calculul motoarelor pentru autovehicule rutiere*. Editura Didactică și Pedagogică, București.
- [5] <http://www.reunidasmotores.com.br/dicas.php>  
Accesat la data: 09.05.2015
- [6] <http://www.e-automobile.ro/categorie-motor/20-general/115-biela-bolt-cuzineti.html>  
Accesat la data: 09.05.2015