

## APLICAȚIA 8

# ANALIZA STATICĂ A UNUI MECANISM MOTOR PISTON- BIELĂ – MANIVELĂ

### 8.1 Descrierea aplicației

Mecanismele motoare piston – bielă – manivelă sunt utilizate pentru transformarea mișcării de rotație în mișcare de translație (sau invers), fiind întâlnite, în cele mai multe cazuri, la motoarele cu combustie internă (fig.8.1) sau la motoarele hidraulice; în acest sens, se pune problema determinării câmpurilor de deformații și tensiuni din elementele componente ale mecanismului piston – bielă – manivelă, cunoscându-se sarcina exterioară care acționează asupra pistonului (presiunea).

Pentru întocmirea modelului de analiză cu elemente finite, în figura 8.1 este reprezentat mecanismul piston – bielă – manivelă, sarcina exterioară fiind presiunea  $p=0,001$  MPa.

Aplicația își propune determinarea valorilor maxime ale tensiunii echivalente *Von Mises* și, respectiv, a deplasării, produse de presiunea  $p$ , în elementele componente ale structurii. În acest sens, modelarea legăturii cu baza a manivelei se realizează prin intermediul unei restricții care presupune anularea celor 6 grade de libertate posibile ale lagărului acesteia; legătura cilindrului pistonului cu carcasa se modelează în mod similar (fig.8.2).

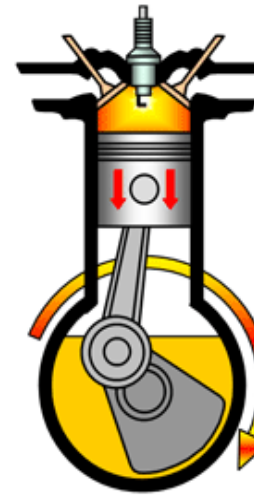


Fig.8.1

Elementele componente ale mecanismului sunt executate din OL50, cu următoarele caracteristici mecanice: modulul de elasticitate longitudinală,  $E = 2,1 \cdot 10^5$  N/mm<sup>2</sup>, și coeficientul contracției transversale (*Poisson*),  $\nu = 0,3$ . Valoarea rezistenței admisibile la compresiune este  $\sigma_{ac}=80 \dots 100$  MPa [10].

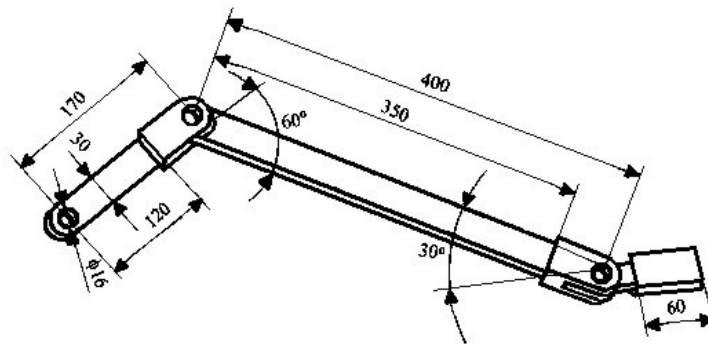








Fig.8.2

### 8.2 Preprocesarea modelului de analiză

#### 8.2.1 Modelarea geometrică

Obținerea schiței de referință a manivelei se realizează în modulul **Sketcher**, care se accesează prin parcurgerea succesivă a comenzilor **Start** ⇒ **Mechanical Design** ⇒ **Part Design** ⇒  (**Sketcher**) ⇒ **xy plane**.

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a manivelei, de legătură cu baza, se obține prin  (**Rectangle**), se desenează conturul secțiunii dreptunghiulare  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 120 mm, iar lățimea de 30 mm)  $\Rightarrow$   (**Circle**) se desenează cele 2 cercuri care materializează capătul manivelei  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm)  $\Rightarrow$   (**Exit Workbench**) (fig.8.3).

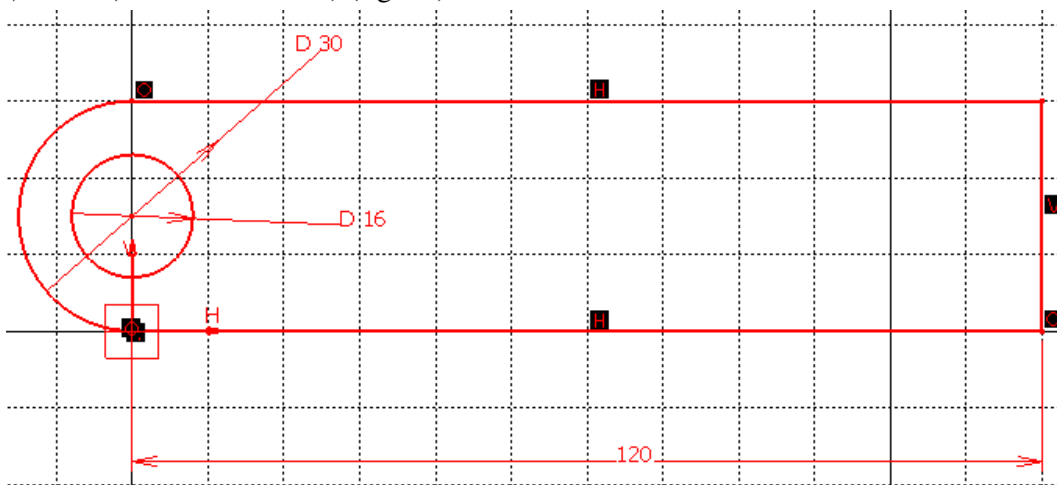


Fig.8.3

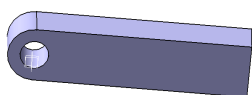


Fig.8.4








Capătul manivelei, de legătură cu baza, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței de referință  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.1, OK** (fig.8.4).



Fig.8.5

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a manivelei, de legătură cu biela, se obține prin  (**Sketcher**) se selectează planul frontal al corpului generat  $\Rightarrow$   (**Rectangle**), se desenează conturul secțiunii dreptunghiulare  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc cotele prin

selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 50 mm, iar lățimea de 30 mm) ⇒  (**Circle**) se desenează cele 2 cercuri care materializează capătul manivelei ⇒  (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm) și cotele de poziționare ⇒  (**Exit Workbench**) (fig.8.5).

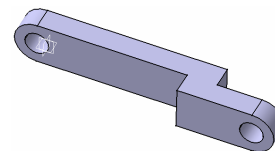



Fig.8.6

Capătul manivelei, de legătură cu biela, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.2, OK** (fig.8.6).

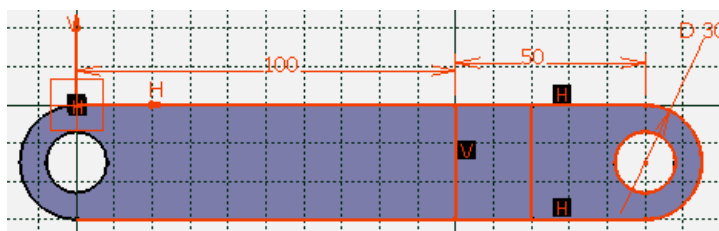








Fig.8.7

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare simetrice a manivelei, de legătură cu biela, se obține, în mod similar, prin  (**Sketcher**) se selectează celălalt plan frontal al corpului generat ⇒  (**Rectangle**), se desenează conturul secțiunii dreptunghiulare ⇒  (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 50 mm, iar lățimea de 30 mm) ⇒  (**Circle**) se desenează cele 2 cercuri care materializează capătul manivelei ⇒  (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm) și cotele de poziționare ⇒  (**Exit Workbench**) (fig.8.7).

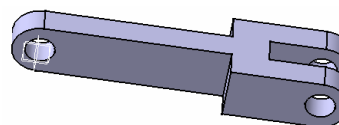









Fig.8.8

Capătul manivelei, de legătură cu biela, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.3, OK** (fig.8.8).

Obținerea schiței de referință a bielei se realizează în modulul **Sketcher**, care se accesează prin parcurgerea succesivă a comenzilor **Start** ⇒ **Mechanical Design** ⇒ **Part Design** ⇒  (**Sketcher**) ⇒ **xy plane**.

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a bielei, de legătură cu manivela, se obține prin  (**Rectangle**), se desenează conturul secțiunii dreptunghiulare ⇒  (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 370 mm, iar lățimea de 30 mm) ⇒  (**Circle**) se desenează cele 2

cercuri care materializează capătul bieiei ⇒  (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm) ⇒  (**Exit Workbench**) (fig.8.9).

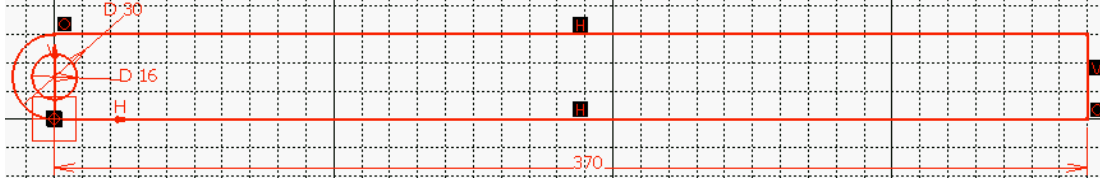


Fig.8.9

Capătul bieiei, de legătură cu manivela, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței de

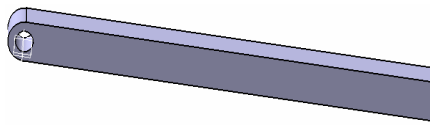





Fig.8.10


referință  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.1, OK** (fig.8.10).


Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a


bieiei, de legătură cu pistonul, se obține prin  (**Sketcher**)

se selectează planul frontal al corpului generat ⇒  (**Rectangle**), se desenează

conturul secțiunii dreptunghiulare ⇒  (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 50 mm, iar

lățimea de 30 mm) ⇒  (**Circle**) se desenează cele 2 cercuri care materializează capătul

manivelei ⇒  (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de

diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm) și cotele de poziționare ⇒  (**Exit Workbench**) (fig.8.11).

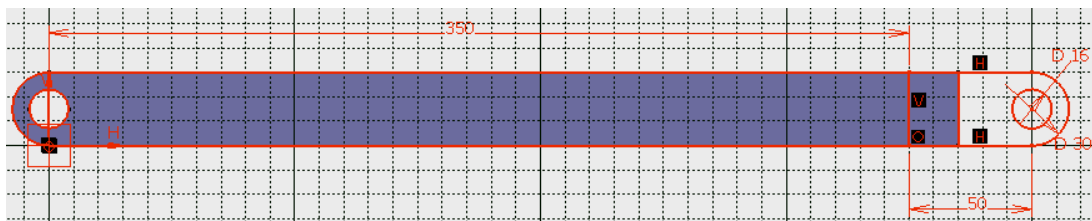


Fig.8.11

Capătul bieiei, de legătură cu pistonul, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței create

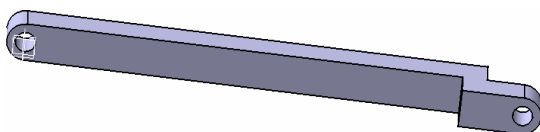









Fig.8.12

anterior  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.2, OK** (fig.8.12).

Conturul celeilalte secțiunii frontale dreptunghiulare a bieiei, de legătură cu

pistonul, se obține prin  (**Sketcher**) se

selectează celălalt plan frontal al corpului generat  $\Rightarrow$   (**Rectangle**), se desenează conturul secțiunii dreptunghiulare  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 50 mm, iar lățimea de 30 mm)  $\Rightarrow$   (**Circle**) se desenează cele 2 cercuri care materializează capătul manivelei  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc succesiv cotele diametrelor cercurilor (un cerc de diametru 30 mm, iar al doilea cerc cu diametrul 16 mm) și cotele de poziționare  $\Rightarrow$   (**Exit Workbench**) (fig.8.13).

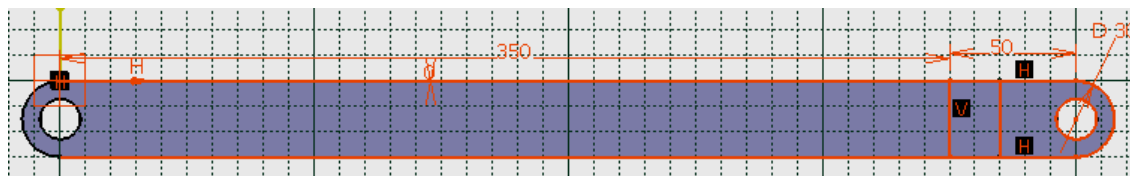



Fig.8.13

Capătul bielei, de legătură cu pistonul, se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.3, OK** (fig.8.14).

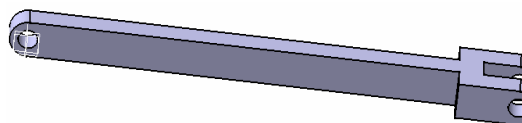




Fig.8.14

Obținerea schiței de referință a pistonului se realizează în modulul **Sketcher**, care se accesează prin parcurgerea succesivă a comenzilor **Start**  $\Rightarrow$  **Mechanical Design**  $\Rightarrow$  **Part Design**  $\Rightarrow$   (**Sketcher**)  $\Rightarrow$  **xy plane**.

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a pistonului se obține prin  (**Rectangle**), se desenează conturul

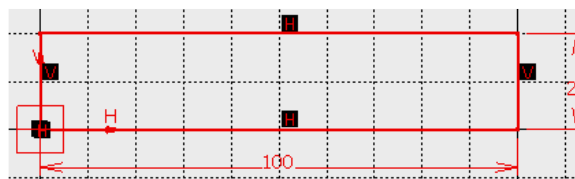





Fig.8.15

secțiunii dreptunghiulare  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a icon-ului (lungimea dreptunghiului este de 100 mm, iar lățimea de 20 mm)  $\Rightarrow$   (**Exit Workbench**) (fig.8.15).

Pistonul se obține prin extrudarea cu 15 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 15, Selection: Sketch.1, OK** (fig.8.16).

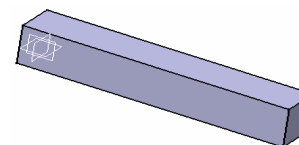






Fig.8.16

Schița alezajului lagărului pistonului, de legătură cu biela, se obține prin  (**Sketcher**) se selectează planul frontal al corpului generat  $\Rightarrow$   (**Circle**) se

desenează cele cercul care materializează lagărul  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduce cota diametrului cercului 16 mm și distanțele față de margini (10 mm)  $\Rightarrow$   (**Exit Workbench**) (fig.8.17).

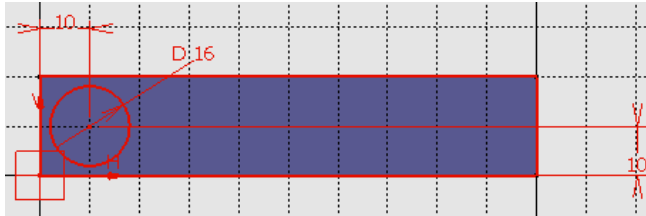


Fig.8.17

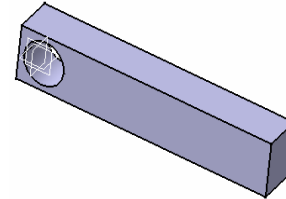



Fig.8.18

Obținerea lagărului se realizează prin “extragerea” materialului prin:  (**Pocket**), **Pocket Definition**, **Depth**: 15 adâncimea găurii, **Selection**: Sketch.2,  **Mirrored extent** generare în ambele sensuri, **OK** (fig.8.18).

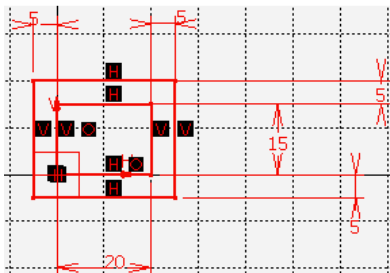






Fig.8.19

Schița de referință a cilindrului pistonului se obține prin: **Start**  $\Rightarrow$  **Mechanical Design**  $\Rightarrow$  **Part Design**  $\Rightarrow$   (**Sketcher**)  $\Rightarrow$  **xy plane**.

Conturul secțiunii frontale dreptunghiulare a cilindrului pistonului se obține prin  (**Rectangle**), se

desenează cele 2 contururi ale secțiunii frontale dreptunghiulare  $\Rightarrow$   (**Constraint**) se introduc cotele prin selectarea succesivă a liniei urmată de cea a iconului (lungimea dreptunghiului mic este 20 mm, iar lățimea 15 mm iar distanța dintre laturile celor două dreptunghiuri este 5mm)  $\Rightarrow$   (**Exit Workbench**) (fig.8.19).

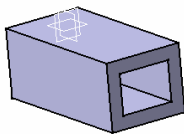




Fig.8.20

Cilindrul pistonului se obține prin extrudarea cu 60 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition**, **Length**: 60, **Selection**: Sketch.3, **OK** (fig.8.20).

Inserarea părților componente ale subansamblului se realizează prin parcurgerea succesiunii de comenzi **Start**  $\Rightarrow$  **Mechanical Design**  $\Rightarrow$  **Assembly Design**.  (**Existing Component**) (**Insert**  $\Rightarrow$  **Existing Component**)  $\Rightarrow$  activare specificația **Products**  $\Rightarrow$  selectare fișier sursă  $\Rightarrow$  se inserează succesiv elementele componente ale mecanismului.

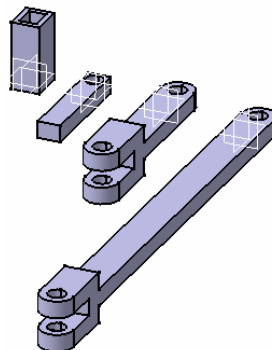








Fig.8.21

Deplasarea elementelor inserate se efectuează prin  (**Manipulation**), **Manipulation Pa...** *selectarea direcției de manipulare, urmată de manipularea propriu-zisă a unui corp, OK* (fig.8.21).

Mecanismul se creează utilizând constrângerile geometrice dintre diferite componente.

 (**Contact Constraint**) *se selectează suprafețele plane comune*  $\Rightarrow$   (**Coincidence Constraint**) *se selectează suprafețele cilindrice comune*  $\Rightarrow$   (**Angle Constraint**) *se selectează perechi de muchii pentru definirea unghiurilor*  $\Rightarrow$   (**Update All**) (fig.8.22).

### 8.2.2 Modelarea materialului

Introducerea valorilor caracteristicilor materialului necesare pentru analiza cu elemente finite se face utilizându-se biblioteca de materiale a mediului CATIA, din care se alege material metalic din grupa oțelurilor (**Steel**), pentru care se modifică valorile modulului de elasticitate (modulul lui *Young*) și coeficientului *Poisson*, ținând seama de valorile indicate ca date de intrare *selectare ansamblu Product.1*  $\Rightarrow$   (**Apply Material**)  $\Rightarrow$  **Libray (ReadOnly) Metal, Steel dublă selecție**  $\Rightarrow$  **Properties, Feature Properties, Feature Name: Steel; Analysis, Young Modulus 2,1e+011N\_m2, Poisson Ratio 0,3, Cancel, OK.**

### 8.2.3 Modelarea cu elemente finite

Pentru generarea modelului cu elemente finite se parcurg comenzile **Start**  $\Rightarrow$  **Analysis & Simulation**  $\Rightarrow$  **Generative Structural Analysis**  $\Rightarrow$  **New Analysis Case Static Analysis, OK** care presupun analiza statică a ansamblului în condițiile unor constrângeri impuse și a unor încărcări independente de timp.

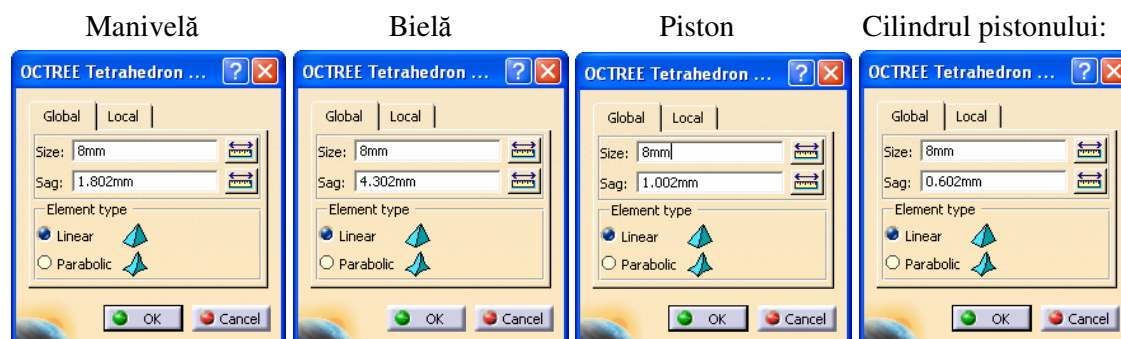




Fig.8.23


Pentru elementele componente ale mecanismului, dimensiunea elementelor finite **Size** și abaterea maximă admisă pentru modelarea geometrică **Sag** se aleg conform figurii 8.23

(activarea meniului se realizează prin dublu click pe **OCTREE Tetrahedron Mesh.1**: se alege succesiv elementele de tip **Part** din arborecența de specificații).

#### 8.2.4 Modelarea constrângerilor

Modelarea articulațiilor dintre manivelă și bielă și, respectiv, dintre bielă și piston se definește prin  (**Pressure Fitting Connection**), **Pressure Fitting Connection; Supports:** se selectează restricțiile geometrice de tip coincidență de axe pentru a modela articulațiile mecanismului **1 Constraint; Overlap: 0 mm, OK** (se repetă comanda pentru toate articulațiile).

Modelarea cuplei de translație dintre piston și cilindrul pistonului se realizează prin  (**Slider Connection**), **Slider Connection; Supports** se selectează restricțiile geometrice de tip contact între suprafețele exterioare ale pistonului și suprafețele interioare ale cilindrului pistonului **1 Constraint, OK**.

Legăturile cu baza impuse modelului se definesc prin anularea celor 6 grade de libertate posibile asociate lagărului manivelei și suprafețelor exterioare ale cilindrului pistonului:  (**Clamp**), **Clamp Name: Clamp.1, Supports: 5 Faces** selectarea lagărului manivelei și a suprafețelor exterioare ale cilindrului pistonului, **OK** (fig.8.24).

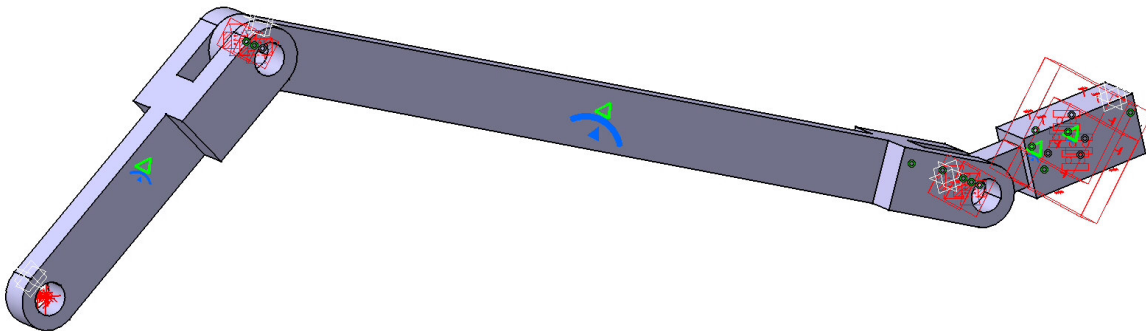




Fig.8.24

#### 8.2.5 Modelarea încărcărilor

Încărcările se modelează sub forma unei presiuni de 0,001 MPa ( $1000 \text{ N/m}^2$ ) ce acționează asupra pistonului  (**Pressure**), **Pressure, Name: Pressure.1; Supports: 1 Face** selectarea suprafeței exterioare frontale a pistonului; **Pressure:  $1000 \text{ N/m}^2$ , OK** (fig.8.25).

### 8.3 Verificarea modelului

În etapa verificării modelului se obțin informații despre corectitudinea modelului creat:  (**Model Checker**), **OK**; ledul verde este aprins și însoțit de un mesaj de confirmare a corectitudinii întocmirii modelului (fig.8.26).



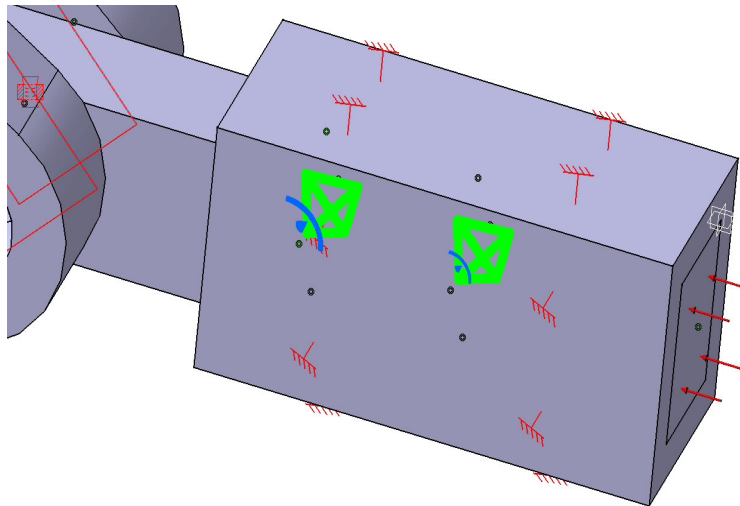


Fig.8.25

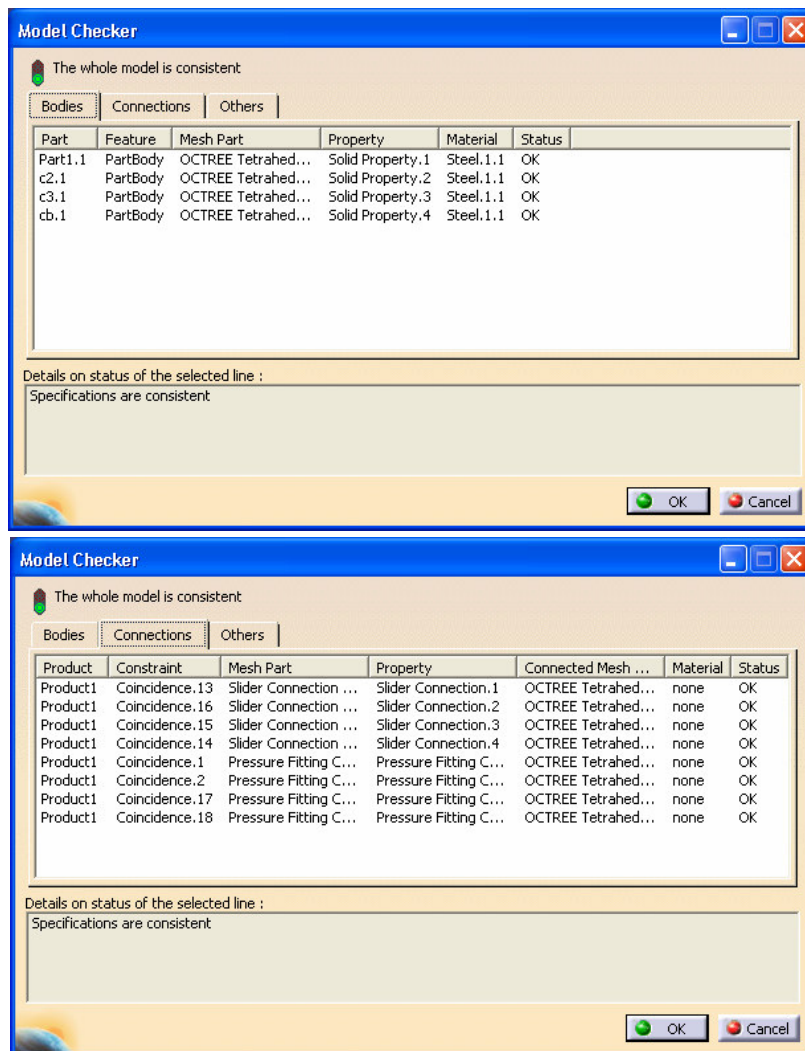



Fig.8.26

## 8.4 Rezolvarea modelului

Rezolvarea modelului se realizează automat de către soft:  (**Compute**) ⇒ **Compute** ↓

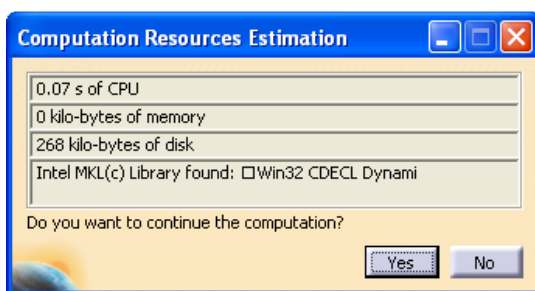





Fig.8.27

**All; OK** ⇒ **Computation Resources Estimation, Yes; Computation Status ...** (fig.8.27).

## 8.5 Postprocesarea rezultatelor

Starea deformată a modelului se vizualizează prin activarea comenzii  (**Deformation**) (fig.8.28); modificarea factorului de scară se realizează prin

activarea icon-ului  (**Deformation Scale Factor**). Starea animată se vizualizează prin  (**Animate**).



Câmpul de deplasări se vizualizează prin comanda  (**Displacement**) (fig.8.29). iar tensiunile echivalente *Von Mises* prin  (**Stress Von Mises**) (fig.8.30).



Fig.8.28

## 8.6 Concluzii

Din analiza cu elemente finite a structurii reiese că, tensiunile echivalente maxime se regăsesc în zona articulațiilor. Numeric, valoarea maximă a tensiunii echivalente *Von Mises*

este de 86 MPa; solicitările principale care apar în elementele mecanismului sunt compresiunea și, într-o mai mică măsură, încovoierea. Rezistența admisibilă la compresiune  $\sigma_{ac}=80 \dots 100$  MPa este mai mare decât valoarea tensiunii echivalente *Von Mises* maxime ceea ce rezistența la solicitări.

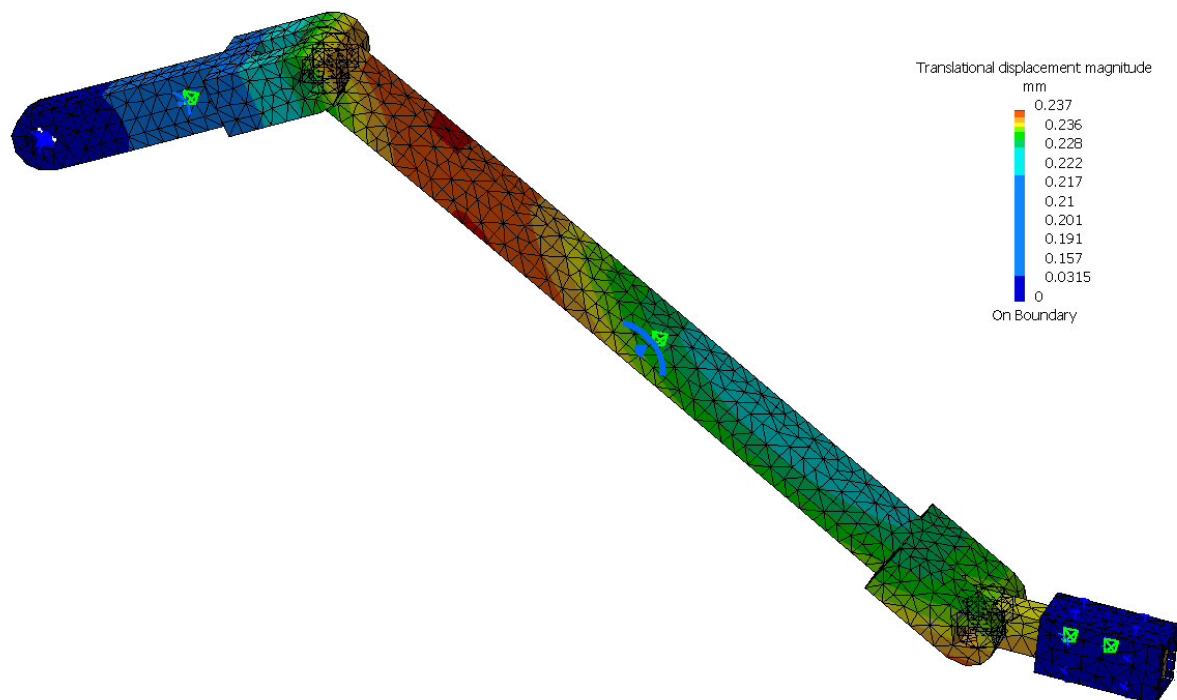


Fig.8.29

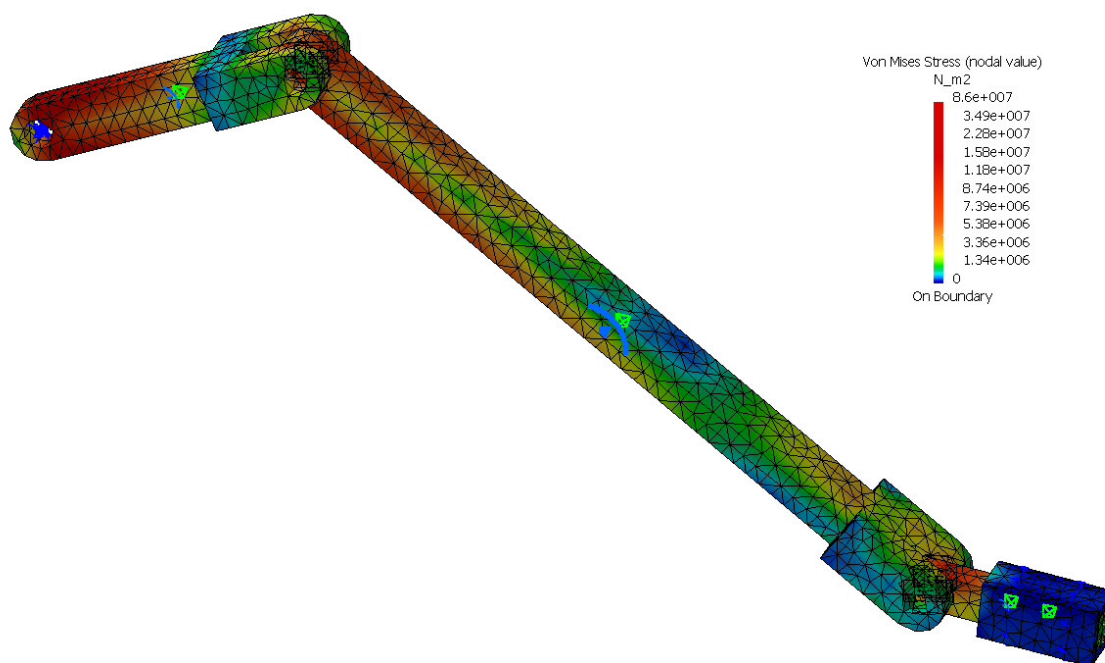


Fig.8.29

Deformațiile maxime se produc în corpul bielei, valoarea acestora fiind redusă, 0,237 mm, fără să afecteze buna funcționare a mecanismului.