

APLICAȚIA 9

ANALIZA STATICĂ A UNUI CUPLAJ ELASTIC CU ELEMENT ELASTIC NEMETALIC

9.1 Descrierea aplicației

Elementele elastice nemetalice ale unui cuplaj elastic sunt executate din cauciuc, datorită proprietăților acestuia: elasticitate mare; capacitate de amortizare mărită; tehnologie simplă; costuri reduse; asigurarea izolării electrice a arborilor conectați. Dezavantajele elementelor executate din cauciuc se referă, în principal, la: durabilitate redusă; limitarea valorilor momentelor de torsiune transmise la valori mici – medii.

Cuplajul elastic cu bolțuri și disc elastic (tip *Hardy*) este caracterizat de rigiditate torsională și elasticitate la încovoiere (fig.9.1) [8, 23].

Aplicația își propune determinarea valorilor maxime ale tensiunii echivalente *Von Mises* și, respectiv, a deplasării, produse de momentul de torsiune necesar a fi transmis. În acest sens, modelarea legăturii cu baza a unui semicuplaj

se realizează prin intermediul unei restricții care presupune anularea celor 6 grade de libertate posibile ale unei fețe a canalului de pană; momentul de torsiune transmis se modelează prin intermediul unei presiuni $p = 0,01 \text{ MPa}$ (fig.9.2).

Modelul de analiză este prezentat în figura 9.2. Se consideră subansamblul unui cuplaj *Hardy*, legătura dintre semicuple și elementul elastic modelându-se prin intermediul unor asamblări prin bolțuri.

Elementul elastic este realizat din cauciuc (modulul de elasticitate longitudinală $E = 2 \text{ N/mm}^2$, și coeficientul contracției transversale $\nu = 0,49$), iar semicuplele din oțel (modulul de elasticitate longitudinală $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ și coeficientul contracției transversale $\nu = 0,3$).

Rezistența admisibilă la încovoiere a materialului bolțurilor (oțel) este $\sigma_{ai} = 100 \dots 120 \text{ MPa}$; rezistența admisibilă la tracțiune a cauciucului este $\sigma_{at} = 0,5 \text{ MPa}$ iar cea de compresiune $\sigma_{ac} = 2 \text{ MPa}$ [11].

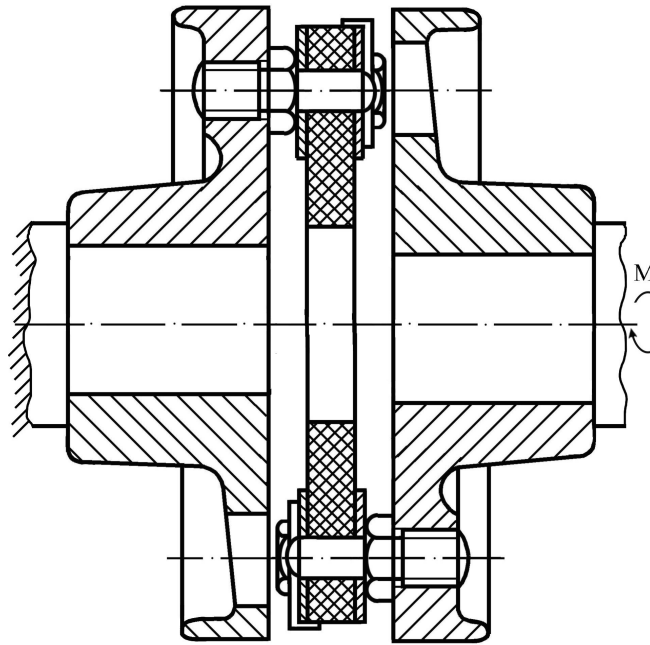


Fig.9.1

9.2 Preprocesarea modelului de analiză

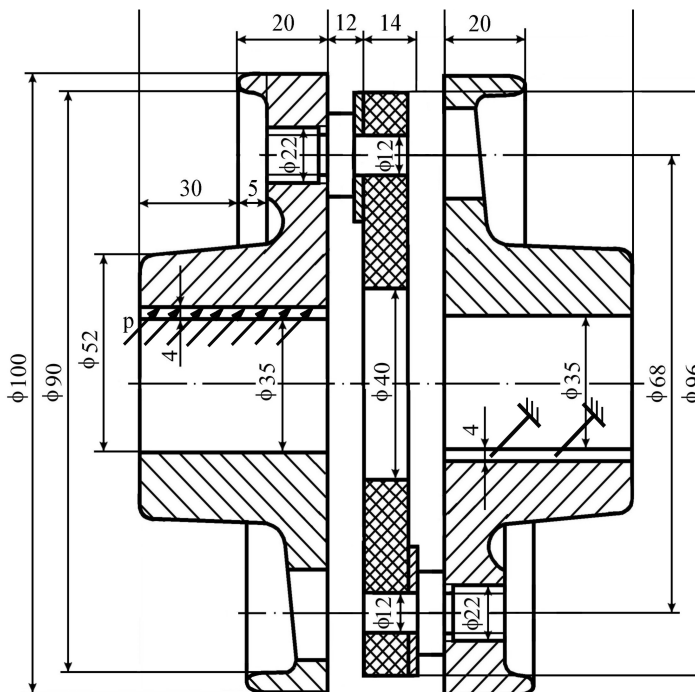


Fig.9.2

⇒  (Exit workbench) (fig.9.3).

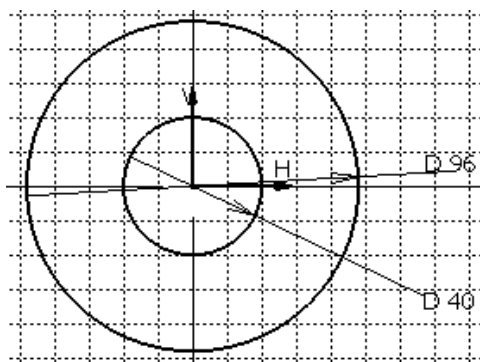


Fig.9.3

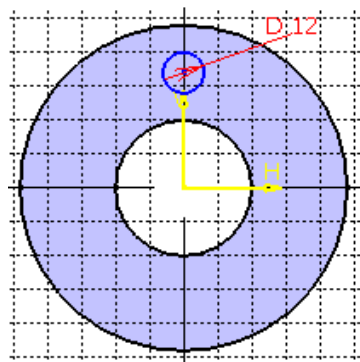






Fig.9.4







9.2.1 Modelarea geometrică



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




Cercurile care limitează la interior și, respectiv, la exterior elementul elastic se definesc prin:

 (**Circle**), se desenează două cercuri care definesc la interior și, respectiv, la exterior elementul elastic ⇒  **Constraint**, se introduc diametrele cercurilor $D=40\text{ mm}$ și, respectiv, $D=96\text{ mm}$

Obținerea elementului elastic se realizează prin extrudarea cu 14 mm a schiței create anterior  (**Pad**), **Pad Definition**, **Length:** 14, **Selection:** **Sketch.1, OK.**

Cercul care definește secțiunea mediană a elementului elastic se generează prin:  (**Sketcher**) ⇒ **xy plane** ⇒  (**Circle**), se desenează cercul ce definește secțiunea mediană a elementului ⇒  (**Constraint**) se introduce diametrul cercului $D=68\text{ mm}$. În continuare, se definește o linie verticală, întreruptă (se accesează întâi comanda  (**Construction/Standard Element**)) care intersectează cercul median, prin  (**Line**) (se deselectează apoi  (**Construction/Standard Element**)).

Cercul care definește alezajul bolțului, cu centrul la intersecția liniei verticale cu cercul median, se definește prin:  (**Circle**), se desenează cercul ce definește alezajul bolțului ⇒  (**Constraint**) se introduce diametrul cercului $D=12$ mm (fig.9.4).

Obținerea celor șase cercuri ale alezajelor bolțurilor se realizează prin:  (**Rotate**), se selectează ultimul cerc creat și apoi centrul axei de rotație; **Instance:** 5, **Value:** 60 deg ⇒  (**Quick Trim**) se șterg liniile suplimentare ⇒  (**Exit workbench**). Generarea

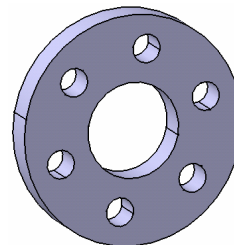







Fig.9.5

alezajelor se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cele șase cercuri); **Type:** **Dimension;** **Depth:** 14 mm, **OK** (fig.9.5).

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

Secțiunea frontală a semicuplajului se definește prin  (**Profile**) se generează secțiunea frontală a semicuplajului ⇒  (**Constraint**) se introduc dimensiunile secțiunii ⇒  (**Exit workbench**) (fig.9.6).

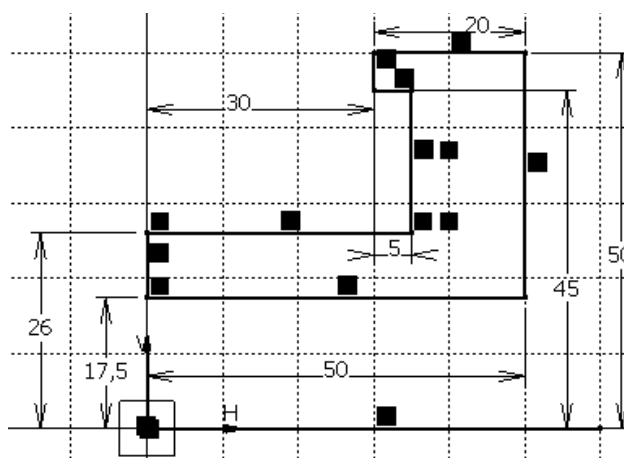












Fig.9.6

Obținerea semicuplajului se realizează prin rotația în jurul propriei axe a profilul creat anterior:  (**Shaft**), **Shaft Definition**, **First angle:** 360 deg; **Second angle:** 0 deg; **Profile Selection:** **Sketch.1;** **Axis Selection:** **XY**, **OK**. Generarea teșiturilor se face prin  (**Chamfer**), **Length1=1** mm; **Angle=45** deg; **Propagation:** **Tangency**; se selectează muchiile care sunt teșite, **OK**.

Generarea alezajelor bolțurilor se obține prin  (**Sketcher**) se selectează secțiunea frontală a semicuplajului ⇒ se definește o linie verticală, întreruptă (se accesează întâi comanda  (**Construction/Standard Element**)) pe axa y, prin  (**Line**) (se deselectează apoi  (**Construction/Standard Element**)). Cercul median pe care sunt situate centrele bolțurilor se definește prin  (**Circle**) se desenează cercul median ⇒  (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului pe care sunt situate centrele bolțurilor; $D=68$ mm.

Bucșa bolțului se creează prin  (**Circle**) se desenează cercul care definește bucșa ⇒ 

(**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului bușei; $D=22$ mm (fig.9.7).

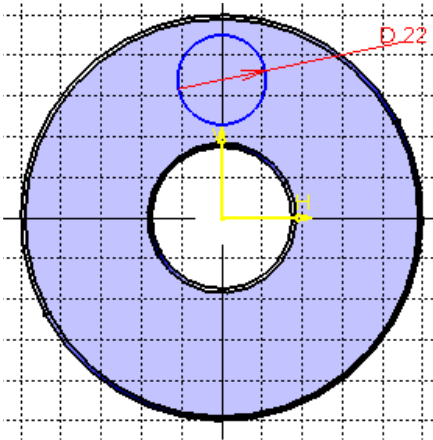










Fig.9.7

Obținerea celor trei cercuri ale bușelor bolțurilor se realizează prin:  (**Rotate**), se selectează ultimul cerc creat și apoi centrul axei de rotație; **Instance: 2, Value: 120 deg** ⇒  (**Quick Trim**) se șterg liniile suplimentare ⇒  (**Exit workbench**). Generarea bușelor se obține prin extrudarea schiței create anterior cu 12 mm  (**Pad**), **Pad Definition, Length: 12, Selection: Sketch.2, OK**.

Alezajele bolțurilor se obțin prin parcurgerea

sucesiunii de comenzi:  (**Sketcher**) se selectează porțiunea frontală a bușei ⇒ se

definește o linie verticală, întreruptă (se accesează întâi comanda  (**Construction/Standard Element**))

pe axa y, prin  (**Line**) (se deselectează apoi  (**Construction/Standard Element**)). Cercul median pe care sunt situate centrele bolțurilor se definește prin

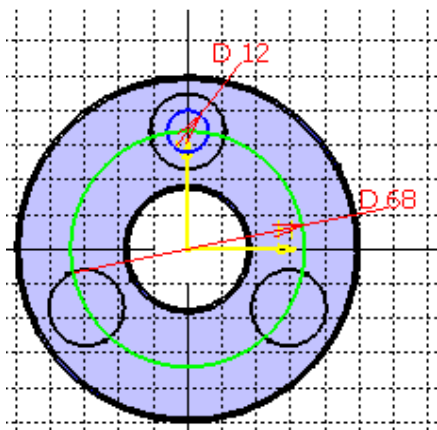



Fig.9.8




 (**Circle**) se desenează cercul median ⇒ 


(**Constraint**) se introduce valoarea diametrului cercului pe care sunt situate centrele bolțurilor; $D=68$ mm. Cercul alezajului bolțului se creează prin





 (**Circle**) se desenează cercul care definește bucșa ⇒


 (**Constraint**) se introduce valoarea diametrului


cercului bușei; $D=12$ mm (fig.9.8).


Obținerea celor trei cercuri ale alezajelor bolțurilor se realizează prin:  (**Rotate**) se selectează ultimul cerc creat și apoi centrul axei de rotație; **Instance: 2, Value: 120 deg** ⇒  (**Quick Trim**) se șterg liniile suplimentare ⇒  (**Exit workbench**).




Generarea alezajelor se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (cele trei cercuri); **Type: Dimension; Depth: 50 mm, OK**.

Profilul canalului de pană se generează prin:  (**Sketcher**) se selectează partea frontală a porțiunii semicuplajului pe care se montează arborele ⇒  (**Line**) se creează 3 linii orizontale și 3 verticale ⇒  (**Constraint**) se introduc dimensiunile canalului de pană; $h=8$ mm (4 mm în cuplaj), $b=10$ mm ⇒  (**Exit workbench**) (fig.9.9).

Generarea canalului de pană se obține prin “extragerea” materialului utilizând  (**Pocket**) se selectează ultima schiță creată (profilul canalului de pană); **Type: Dimension**; **Depth: 100 mm**, **OK** (fig.9.10).

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

Deplasarea elementelor inserate se efectuează prin  (**Manipulation**), **Manipulation Pa...** selectarea direcției de manipulare, urmată de manipulare propriu-zisă a unui corp, **OK** (fig.9.11).

Subansamblul se creează utilizând constrângerile geometrice dintre diferite componente.  (**Contact Constraint**) se selectează suprafețele plane comune ⇒  (**Coincidence Constraint**) se selectează suprafețele cilindrice comune (selectarea axelor comune ale cilindrilor, pentru asamblările cu bolțuri) ⇒  (**Update All**) (fig.9.12).

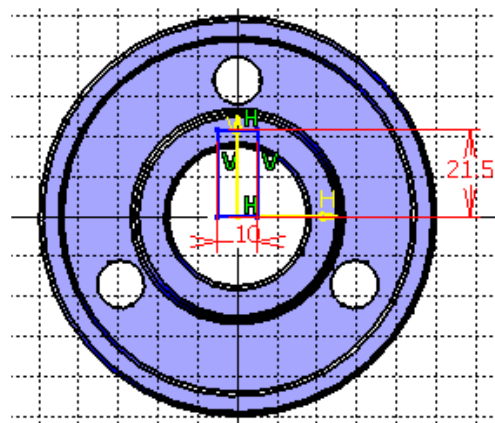


Fig.9.9

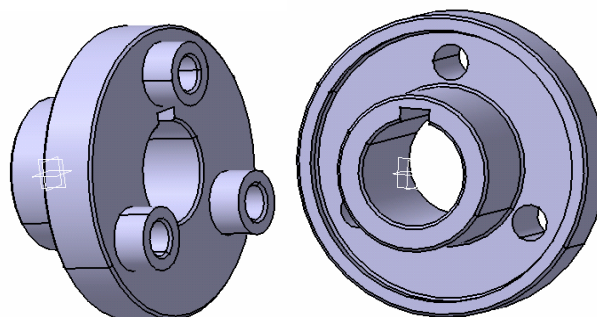


Fig.9.10



Fig.9.11

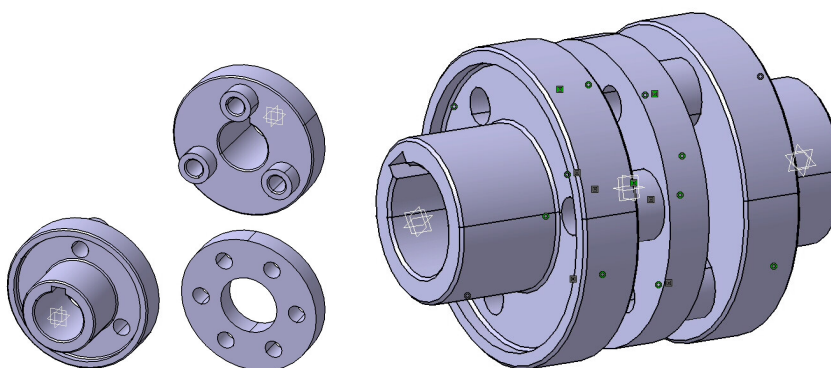




Fig.9.12

9.2.2 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 succesivă a celor două semicuple*
Part.1 ⇒  (Apply Material) ⇒ Libray (ReadOnly) Metal, Steel *dublă selecție* ⇒ Properties, Feature Properties, Feature Name: Steel; Analysis, Young Modulus 2,1e+011N_m2, Poisson Ratio 0,3, Cancel, OK.
- material din alte categorii (**Other**) din grupa cauciucurilor (**Rubber**), pentru care se modifică valorile modulului de elasticitate (modulul lui *Young*) și coeficientului *Poisson*, ținând seama de valorile indicate ca date de intrare *selectare elemente elastic*
Part.2 ⇒  (Apply Material) ⇒ Libray (ReadOnly) Other, Rubber *dublă selecție* ⇒ Properties, Feature Properties, Feature Name: Rubber; Analysis, Young Modulus 2e+006N_m2, Poisson Ratio 0,59, Cancel, OK.

9.2.3 Modelarea cu elemente finite

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

Pentru elementele componente ale cuplajului, dimensiunea elementelor finite **Size** și abaterea maximă admisă pentru modelarea geometrică **Sag** se aleg conform figurii 9.13 (*activarea meniului se realizează prin dublu click pe **OCTREE Tetrahedron Mesh.1**: se aleg succesiv elementele de tip **Part** din arborecența de specificații*).

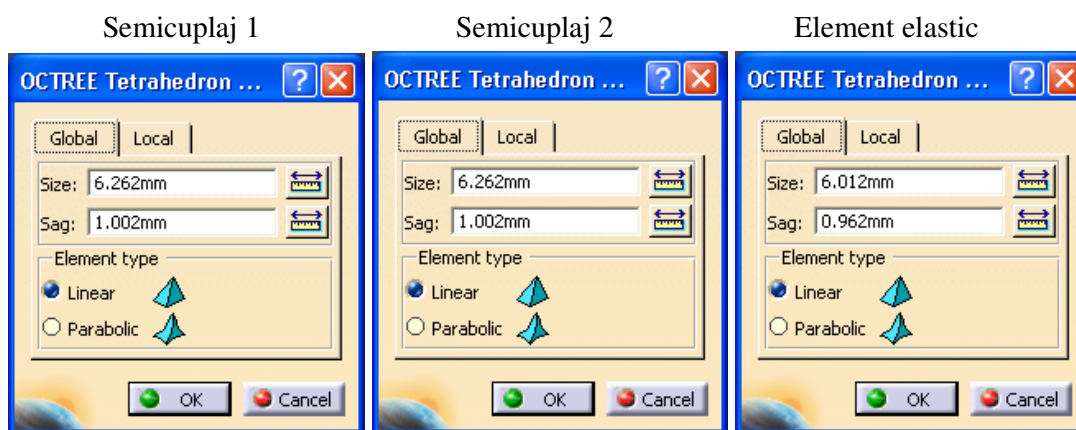




Fig.9.13

9.2.4 Modelarea constrângerilor

Legăturile de tip bolt – alezaj se modelează prin asamblări presate  (**Fastened connection**), **Fastened connection; Supports: 1 Constraint** *selectarea constrângerilor*

geometrice de tip coincidență de axe dintre bolțuri și alezaje, **OK** (se repetă comanda pentru cele 6 asamblări).

Legăturile dintre suprafețele frontale ale semicuplajelor și ale elementului elastic se modelează prin intermediul legăturilor de tip contact  (**Contact connection**), **Contact connection**; **Supports: 1 Constraint** selectarea constrângerilor geometrice de tip contact, **OK** (se repetă comanda pentru cele 6 contacte).

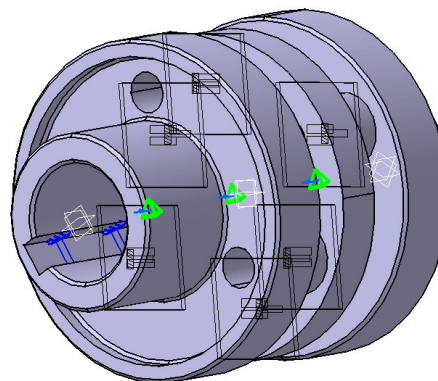



Fig.9.14

Legătura cu baza impusă modelului se definește prin anularea celor 6 grade de libertate posibile asociate suprafeței laterale a canalului de pană a semicuplajului condus:  (**Clamp**), **Clamp Name: Clamp.1**, **Supports: 1 Face** selectarea suprafeței laterale a canalului de pană, **OK** (fig.9.14).

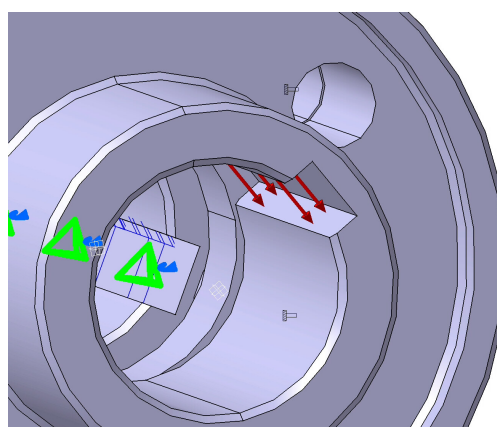




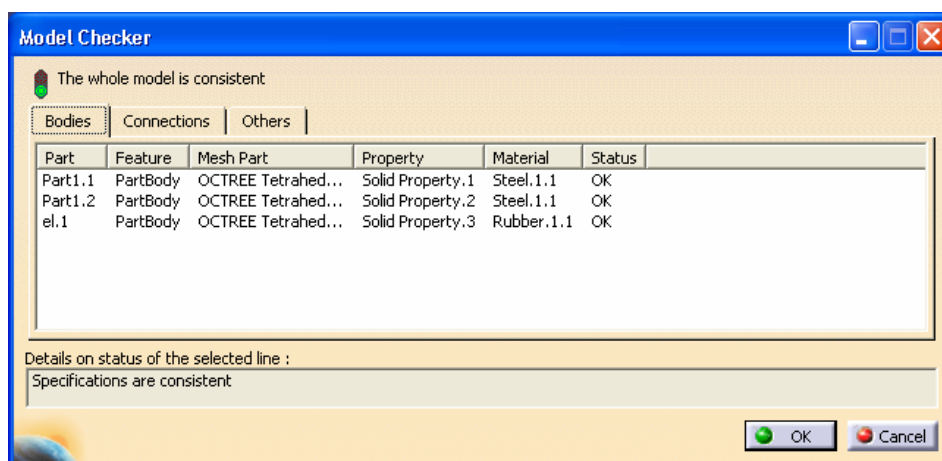
Fig.9.15

9.2.5 Modelarea încărcărilor

Încărcările se modelează sub forma unei presiuni de 10 MPa (10.000 N/m²) ce acționează asupra suprafeței laterale a canalului de pană de pe semicuplajul conducător  (**Pressure**), **Pressure, Name: Pressure.1**; **Supports: 1 Face** selectarea suprafeței exterioare laterale a canalului de pană; **Pressure: 10000 N/m²**, **OK** (fig.9.15).

9.3 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.9.16).



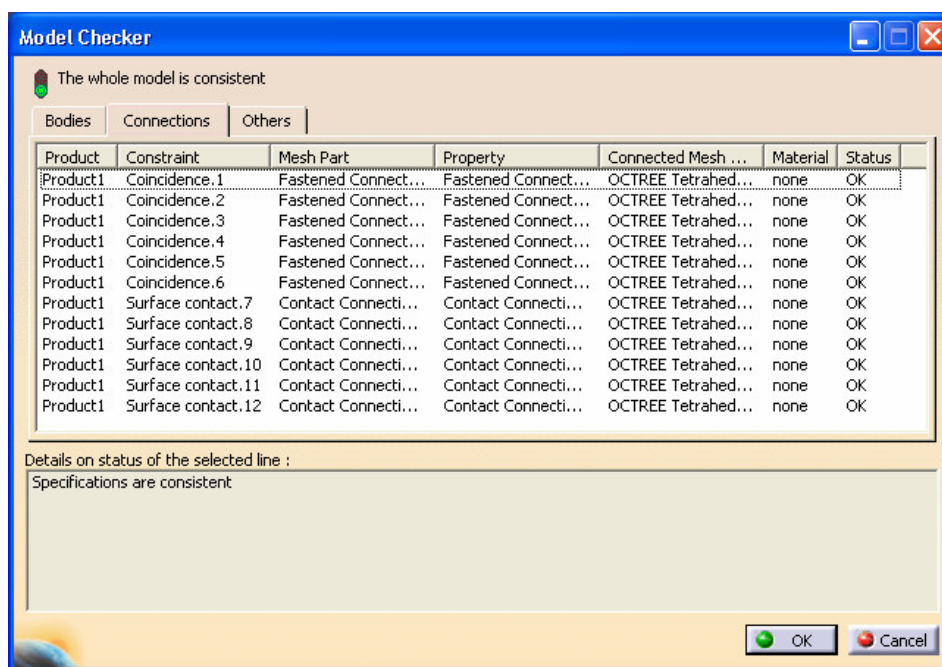



Fig.9.16

9.4 Rezolvarea modelului

Rezolvarea modelului se realizează automat de către soft:  (Compute) ⇒ Compute ↓ All; OK ⇒ Computation Resources Estimation, Yes; Computation Status ... (fig.9.17).

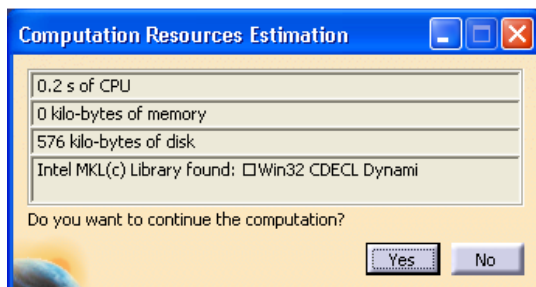






Fig.9.17

9.5 Postprocesarea rezultatelor

Starea deformată a modelului se vizualizează prin activarea comenzii  (Deformation) (fig.9.18); 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.9.19). iar tensiunile echivalente *Von Mises* prin  (Stress Von Mises) (fig.9.20).

9.6 Concluzii

Din analiza modelului cu elemente finite reiese că tensiunile echivalente maxime se regăsesc în zona asamblărilor prin bolțuri. Valoarea maximă a tensiunii echivalente *Von Mises* în această zonă este 0,09 MPa.

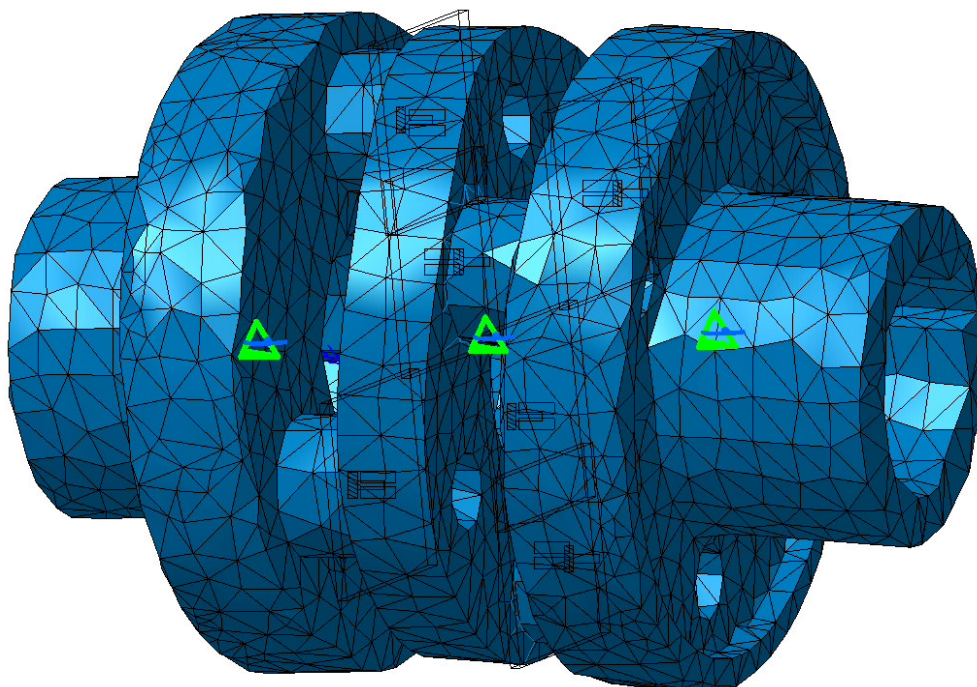


Fig.9.18

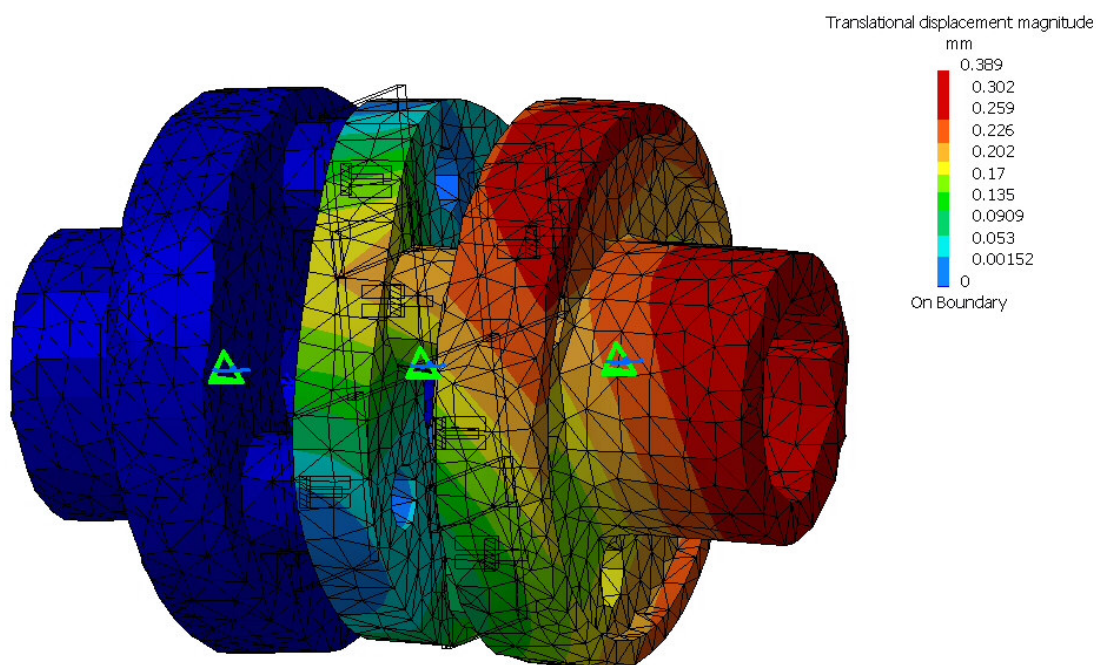


Fig.9.19

Porțiunea din discul elastic situată în fața bolțurilor de pe semicuplajul conducător este supusă la compresiune, iar cea din spatele acestor bolțuri, la tracțiune. Rezistența admisibilă la

tracțiune a cauciucului este $\sigma_{ai}=0,5$ MPa iar cea de compresiune $\sigma_{ac}=2$ MPa [11]. Valorile rezistențelor admisibile ale cauciucului confirmă rezistența acestuia la solicitări.

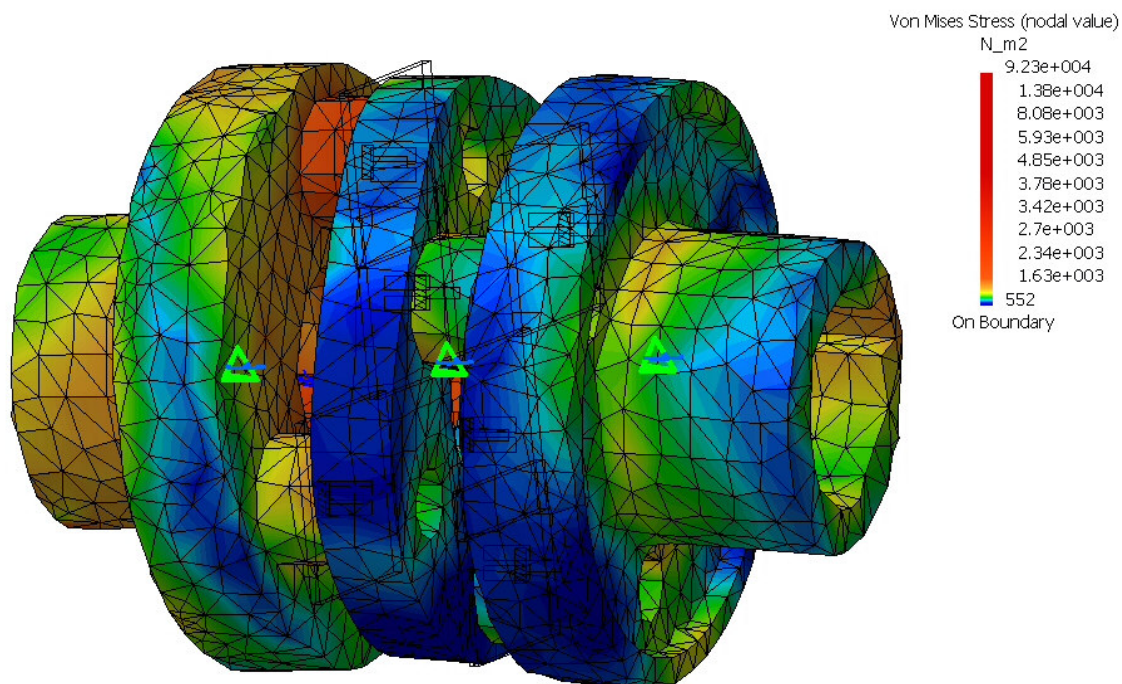


Fig.9.20

Rezistența admisibilă la încovoiere (încovoierea este solicitarea principală a bolțului) a materialului bolțurilor (oțel) este $\sigma_{ai}=100 \dots 120$ MPa [11]. Valoarea rezistenței admisibile confirmă rezistența bolțului la solicitări.