



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2019 00562**

(22) Data de depozit: **12/09/2019**

(41) Data publicării cererii:
30/01/2020 BOPI nr. 1/2020

(71) Solicitant:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE
TURBOMOTOARE - COMOTI,
BD.IULIU MANIU NR.220 D, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO**

(72) Inventatori:
• **VINTILĂ SEBASTIAN IONUȚ,
STR.ȚINCANI, NR.3, BL.OS3, SC.5, AP.176,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**

• **MIHALACHE RADU, CALEA CRÂNGAȘI,
NR.54, BL.4AICEM, SC.1, ET.7, AP.25,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **CONDruz MIHAELA RALUCA,
STR.NĂȘĂUD, NR.9, BL.21, SC.1, ET.4,
AP.50, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **VILAG VALERIU ALEXANDRU,
STR.TELITA, NR.17, BL.121, SC.1, ET.2,
AP.9, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;**
• **MAIER RALUCA,
BILEVARDUL IULIU MANIU, NR.67, SC.7,
ET.8, AP.270, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,
RO**

(54) **ANSAMBLU ROTATIV DE COMPRESOR CENTRIFUGAL
DIN MATERIALE COMPOZITE POLIMERICE AVANSATE
RANFORSATE CU FIBRE DE CARBON**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, destinat motoarelor turbo-reactoare utilizate în domeniul aerospațial sau în aplicații terestre care necesită un anumit debit și presiune de aer. Ansamblul, conform invenției, este alcătuit dintr-un arbore (1) de transmisie care transferă mișcarea de rotație a motorului cu ajutorul unui arbore (4) de antrenare către un rotor (2) prevăzut cu un disc (7) și cu niște pale (3), profilul discului (7) fiind compus din nouă straturi (9, 10 și 11) de țesătură din fibre de carbon bidirecțională, tip diagonal fundamental, preimpregnată cu rășină epoxidică, având o greutate specifică de 200 g/m², 42% matrice epoxidică, straturi (9, 10 și 11) dispuse conform așezării secvenționale [0°, 45°, 90°]₃, iar profilul palei (3) și un canal (8) de curgere sunt formate din șase straturi (9) de țesătură din fibre de carbon bidirecțională tip diagonal fundamental, preimpregnate cu rășină epoxidică, dispuse conform așezării secvenționale [0°]₆, iar în materialul compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon este prevăzut un butuc (5) metalic care constă dintr-o bucsă metalică cu profil K în centrul rotorului (2), pentru antrenarea arborelui (4) de

angrenare, geometria butucului (5) metalic cu profil K din cadrul rotorului (2) fiind similară cu cea a arborelui (4) de antrenare, și se realizează pe întreaga adâncime, prin intermediul prelucrărilor mecanice.

Revendicări: 4
Figuri: 6

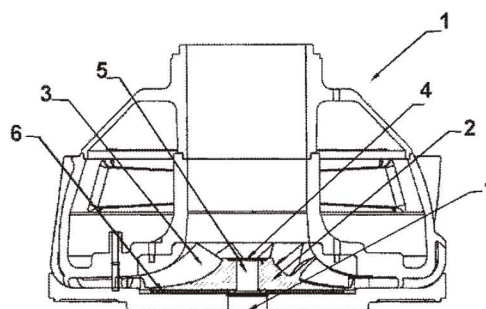


Fig. 1



12

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2019 0162
Data depozit ...12.09.2019...

ANSAMBLU ROTATIV DE COMPRESOR CENTRIFUGAL DIN MATERIALE COMPOZITE POLIMERICE AVANSATE RANFORSATE CU FIBRE DE CARBON

Invenția se referă la un ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, destinat motoarelor turboreactoare utilizate în domeniul aerospațial sau în aplicații terestre ce necesită un anumit debit și presiune de aer.

Se cunoaște un rotor din material compozit ranforsat cu fibre unidirecționale aplicate radial și circumferențial, conform documentului **US 4465434 A** care oferă o rezistență ridicată la solicitările mecanice aplicate pe direcția orientării fibrelor. Rotorul cuprinde un butuc care prezintă o multitudine de lame extinse radial pe acestea. Butucul și lamele sunt realizate din straturi distincte, distanțate axial și realizate din fibre de carbon care se extind radial și pe toată circumferința. Rezistența butucului roții turbinei este dată de către fibrele de carbon orientate circumferențial, iar rezistența radială este dată lamelor de către fibrele orientate radial. Transmiterea sarcinilor de forfecare între fibrele radiale și cele circumferențiale este astfel minimizată.

Dezavantajul acestei modalități de așezare a armăturii constă în faptul că este dificil de realizat, iar prelucrarea mecanică ulterioară a materialului compozit polimerizat poate duce la apariția delaminărilor și implicit a distrugerii integrității structurii în funcționare la viteze mari de rotație.

Se cunoaște o pală de compresor realizată din materiale compozite și o metodă de asamblare a acesteia, conform documentului **WO 2014/190008 A1**. Palele sunt formate dintr-o parte caracteristică realizată din material compozit care include o suprafață de aer având un interval care se extinde radial spre exterior în raport cu o axă de rotație și/sau o parte caracteristică de atașare a palei radial în interior de la suprafața aerului în raport cu axa de rotație. Caracteristica de fixare a palei poate fi orientată circumferențial în raport cu axa de rotație

Dezavantajul acestei pale de compresor constă în faptul că realizare individuală a aerofoliei palei, a platformei componentelor și asamblarea acestora, crește riscul de degradare, iar asigurarea unei transabilități și a unei repetabilități a procesului de fabricație este mult mai dificilă.

Se cunoaște o pală de rotor destinată unui turbomotor, conform documentului **EP 2077376 A2** care include un profil în secțiunea dintre vârful și baza opusă vârfului aerofoliei, în timp ce platforma palei include o pană, o porțiune cu buclă și o clemă.

Un dezavantaj al acestei soluții tehnice îl constituie componentele multiple ce trebuiesc realizate pentru fabricarea și asamblarea unui astfel de rotor. De asemenea, costurile de fabricare și riscurile sunt implicit mai ridicate.

Se cunoaște o metodă de realizare a unei pale de turbină din materiale compozite ranforsate cu fibre, conform documentului **US 2017/0198591 A1**. În cadrul acestei metode sunt realizate semi-forme ale aerofoliei palei, platformei și o semi-formă a unui element funcțional al paletei. Consolidarea semi-formelor se realizează în acest caz prin presarea pliurilor de țesătură într-o matriță, urmând ca ulterior să se impregneze elementele ranforsante cu matricea. Asamblarea părților componente ale palei se assemblează cu ajutorul altor pliuri de țesătură ce sunt ulterior impregnate.

Dezavantajul acestei metode constă în faptul că anumite pliuri de element ranforsant sau secțiuni ale aerofoliei pot rămâne neimpregnate, astfel încât rolul structural al matricii să nu fie îndeplinit, respectiv nu se pot transmite solicitările către elementele de armare pe



parcursul funcționării palei aceasta putându-se degrada. De asemenea, pala fiind compusă din componente multiple, zonele de interconectare ale acestora sunt considerate zone susceptibile la cedare pe parcursul funcționării. În plus, injecția de element ranforsant poate conduce către o masă mai mare a componentei în comparație cu masa unei componente realizată utilizând altă tehnologie cum ar fi spre exemplu polimerizarea în autoclavă în prezența temperaturii, presiunii și vidului.

Se cunoaște în același scop o metodă de realizare a unei pale de turbină utilizând metoda de țesere tridimensională, conform documentului **US 2017/0326757 A1**, metodă conform căreia se pot obține palete monobloc având adăugate și elemente de rigidizare în anumite zone ale paletei. În mod similar cu metoda analizată anterior, impregnarea țesăturilor tridimensionale cu matricea compozitului este mult mai dificilă în comparație cu alte tipuri de țesături.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția, constă în echilibrarea dinamică a rotorului ansamblului rotativ de compresor.

Ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, conform invenției, rezolvă problema tehnică menționată și elimină dezavantajele enumerate anterior, prin aceea că profilul discului este compus din nouă straturi de țesătură din fibre de carbon bidirecțională, tip diagonal fundamental, preimpregnată cu rășină epoxidică, având o greutate specifică de 200 g/m² (42% matrice epoxidică), straturi dispuse conform așezării secvenționale [0°, 45°, 90°]₃, iar profilul palei și canalul de curgere sunt formate din șase straturi de țesătură din fibre de carbon bidirecțională tip diagonal fundamental preimpregnate cu rășină epoxidică dispuse conform așezării secvenționale [0°]₆, iar în materialul compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon este prevăzut un butuc metalic ce constă dintr-o bucă metalică cu profil K în centrul rotorului, pentru antrenarea arborelui de angrenare, geometria butucului metalic cu profil K din cadrul rotorului fiind similară cu cea a arborelui de antrenare și se realizează pe întreaga adâncime prin intermediul prelucrărilor mecanice.

Ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, conform invenției, este proiectat pornind de la o referință metalică existentă, realizată din aliaj fier-carbon. Referința metalică este caracterizată de șapesprezece pale cu grosimea de 3mm. În etapa de proiectare a invenției s-au avut în vedere cerințele și restricțiile metodei de polimerizare utilizată (polimerizarea în autoclavă asistată de temperatură, presiune și vid), de performanțele gazodinamice impuse, dar și de asigurarea unui grad ridicat de repetabilitate a procesul tehnologic utilizat.

Invenția poate fi integrată în componența secțiunii reci a unui motor turboreactor, mai exact în partea ce asigură comprimarea oxidantului și asigurarea unui debit și presiuni specifice, funcționând în intervalul de temperatură [-60°C... +120°C].

Ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- înlăturarea dezavantajelor prelucrărilor mecanice asupra rotorului realizat din materiale compozite;
- înlăturarea dezavantajelor fabricării individuale a discului și a palelor rotorului;
- reducerea costurilor de fabricație;
- asigură o reducere a masei ansamblului rotativ al unui compresor centrifugal, ceea ce duce implicit la o reducere semnificativă a necesarului de energie, consum de combustibil mai scăzut și a reducerii emisiilor poluante;
- prezintă un randament ridicat.

Se dă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu fig. 1-6, care reprezintă:

- fig.1 - secțiune transversală printr-un compresor centrifugal;



- fig.2 - rotorul compresor centrifugal în: a) vedere izometrică; b) vedere sus - parte activă; c) vedere spate - parte inactivă; d) vedere din lateral; e) vedere din secțiune; f) detaliu - vedere din secțiune inel metalic pentru echilibrare;
- fig.3 - pală rotor din material compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon în: a) vedere izometrică; b) vedere din față; c) vedere de sus;
- fig.4 - arborele de angrenare și bucsă metalică cu profil K;
- fig.5 - secțiune prin rotor cu exemplificarea încastrării bucsei metalice cu profil K în materialul compozit;
- fig.6 - rotorul de compresor în: a) vedere în secțiune în rotorul de compresor centrifugal realizat din materiale compozite polimerice ranforsate cu fibre de carbon; b) vedere în perspectivă al unui sector de rotor evidențiind orientările straturilor de țesătură preimpregnată pentru pală, respectiv canalul de curgere la 0° și orientările straturilor de preimpregnat pentru disc la 0° , 45° , 90° .

Ansamblu rotativ de compresor centrifugal I din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, conform invenției și așa cum se poate observa și din cadrul fig.1, este alcătuit dintr-un arbore de transmisie 1 care transferă mișcarea de rotație a motorului către un rotor 2 realizat din materiale compozite polimerice armate cu fibre de carbon prin intermediul unui arbore de antrenare 4 și al unui butuc 5 metalic ce constă dintr-o bucsă metalică cu profil K. Partea inferioară a rotorului 2 este prevăzută cu un inel metalic 6 încastrat în structura unui disc 7 pe parcursul procesului de fabricație cu rol în echilibrarea rotorului.

Rotorul are în componență un număr de șapte pale 3 (număr mai redus în comparație cu cele șaptesprezece pale în cazul referinței metalice) dispuse echidistant și fabricate integral din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, așa cum rezultă din cadrul fig.3. Palele 3 sunt goale la interior (pasaj de 3mm) și prezintă un canal de curgere 8 cu o grosime exterioară de 6mm, mult mai mare în comparație cu grosimea referinței metalice. Discul 7 a fost proiectat astfel încât să fie parte comună cu palele 3 și de aceea, fiecare pală 3 este fabricată individual împreună cu o secțiune a discului 7 rotorului 2 - formând astfel un sector de rotor. Cele șapte sectoare rezultate sunt unite ulterior utilizând aceleași tip de straturi de țesătură preimpregnată.

Componetele metalice ale rotorului 2 au un rol bine stabilit, butucul 5 arborelului constituit din bucsa de tip K (fig.4 și fig.5) rezolvă problema toleranțelor reduse la nivele mari de deformării, precum și a încărcărilor mecanice datorate transmiterii cuplului între arbore de transmisie 1 și rotor 2, în timp ce inelul metalic 6 are dublu rol, cel de element de rigidizare și rezolvă problema procesului laborios de echilibrare a rotorului.

Profilul discului 7 așa cum se poate observa din cadrul fig.6 este compus din nouă straturi 9, 10 și 11 de țesătură din fibre de carbon bidirecțională, tip diagonal fundamental, preimpregnată cu rășină epoxidică, având o greutate specifică de 200 g/m^2 (42% matrice epoxidică), straturi 9, 10 și 11 dispuse conform așezării secvenționale $[0^\circ, 45^\circ, 90^\circ]_3$. Aceste nouă straturi 9, 10 și 11 sunt așezate axial în raport cu arborele de angrenare 1 și se extind radial și circumferențial.

Rezistența circumferențială a butucului 5 este asigurată de straturile preimpregnate care se extind circumferențial în timp ce rezistența radială este asigurată de straturile preimpregnate care se extind radial. Transmiterea forțelor de forfecare între straturile preimpregnate radiale și circumferențiale este minimă.

Profilul palei 3 și canalul de curgere 8 sunt formate din șase straturi 9 de țesătură din fibre de carbon bidirecțională tip diagonal fundamental preimpregnate cu rășină epoxidică dispuse conform așezării secvenționale $[0^\circ]_6$. Cele șapte pale 3 sunt introduse într-un calapod de aluminiu și aliniat folosind matrițele utilizate în fabricarea palelor 3. Între palele 3 sunt așezate opt straturi 9 de țesătură din fibră de carbon preimpregnată, bidirecțională, orientate la

0° pentru a face legătura între ele. Pentru ranforsarea rotorului 2 au fost așezate alte opt straturi 10, 11 de țesătură din fibre de carbon bidirecțională preimpregnate conform așezării secvenționale [0°/90°]₄. De asemenea, pe spatele rotorului 2 este integrată bucșa metalică 5 în zona interfeței cu arborele de antrenare 1, ce rezolvă problema toleranțelor scăzute la nivele mari de deformații, precum și a încărcărilor mecanice datorate transmiterii cuplului dintre arbore 1 și rotor 2 și un inel metalic 6 pe spatele rotorului 2 rezolvând procesul de echilibrare.

Parametrii tehnologici de proces (nivelul de vid, presiune și temperatură) sunt date specifice corelate cu materialele preimpregnate utilizate pentru fabricarea rotorului. Temperatura de proces și etapele de post-polimerizare sunt definite în vederea obținerii unei temperaturi sau a unui interval de temperaturi de utilizare a materialului compozit ranforsat impuse de regimul de funcționare a rotorului dezvoltat, calculate în funcție de temperatura de tranziție vitroasă a matricii polimerice utilizate.

Avantajul și originalitatea prezentei invenții constă în realizarea unui ansamblu rotorice ce poate fi integrat în componența secțiunii reci a unui motor turboreactor prin redefinirea soluției constructive geometrice, definirea unei arhitecturi structurale având la bază materiale compozite polimerice ranforsate cu fibre de carbon, protocolul tehnologic de fabricare a rotorului și tehnologia de fabricație (polimerizarea în autoclavă asistată de temperatură, presiune și vid) care permite obținerea unor performanțe termo-mecanice ridicate și o masă semnificativ mai redusă în comparație cu modelul metalic de referință.

REVEDICĂRI

1. Ansamblu rotativ de compresor centrifugal din materiale compozite polimerice avansate ranforsate cu fibre de carbon, alcătuit dintr-un arbore de transmisie (1) care transferă mișcarea de rotație a motorului cu ajutorul unui arbore de antrenare (4) către un rotor (3) prevăzut cu un disc (7) și cu niște pale (3) **caracterizat prin aceea că** profilul discului (7) este compus din nouă straturi (9, 10 și 11) de țesătură din fibre de carbon bidirecțională, tip diagonal fundamental, preimpregnată cu rășină epoxidică, având o greutate specifică de 200 g/m² (42% matrice epoxidică), straturi (9, 10 și 11) dispuse conform așezării secvenționale [0°, 45°, 90°]₃, iar profilul palei (3) și canalul de curgere (8) sunt formate din șase straturi (9) de țesătură din fibre de carbon bidirecțională tip diagonal fundamental preimpregnate cu rășină epoxidică dispuse conform așezării secvenționale [0°]₆ iar în materialul compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon este prevăzut un butuc (5) metalic ce constă dintr-o bucă metalică cu profil K în centrul rotorului (2), pentru antrenarea arborelui de angrenare (4), geometria butucului (5) metalic cu profil K din cadrul rotorului (2) fiind similară cu cea a arborelui de antrenare (4) și se realizează pe întreaga adâncime prin intermendiul prelucrărilor mecanice.

2. Ansamblu rotativ de compresor centrifugal, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** prezintă un număr de șapte pale (3) dispuse echidistant.

3. Ansamblu rotativ de compresor centrifugal, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** palele (3) prezintă un canal de curgere (8) cu grosimea exterioară de 6mm, din care grosimea perților palei intrados și extrados este de 4mm iar interiorul este gol având valoarea de minim 2.5mm, preferabil 3mm.

4. Ansamblu rotativ de compresor centrifugal, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** se integrează în materialul compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon un inel metalic (6) pentru echilibrarea dinamică a acestuia.

7

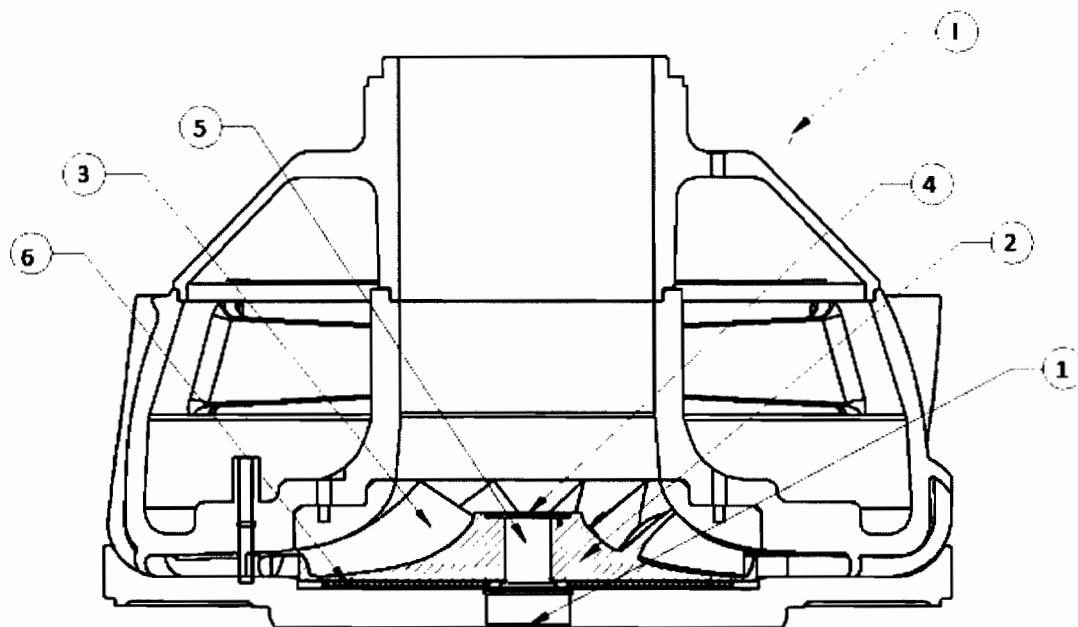


Fig.1 – Secțiune trasversală printr-un compresor centrifugal

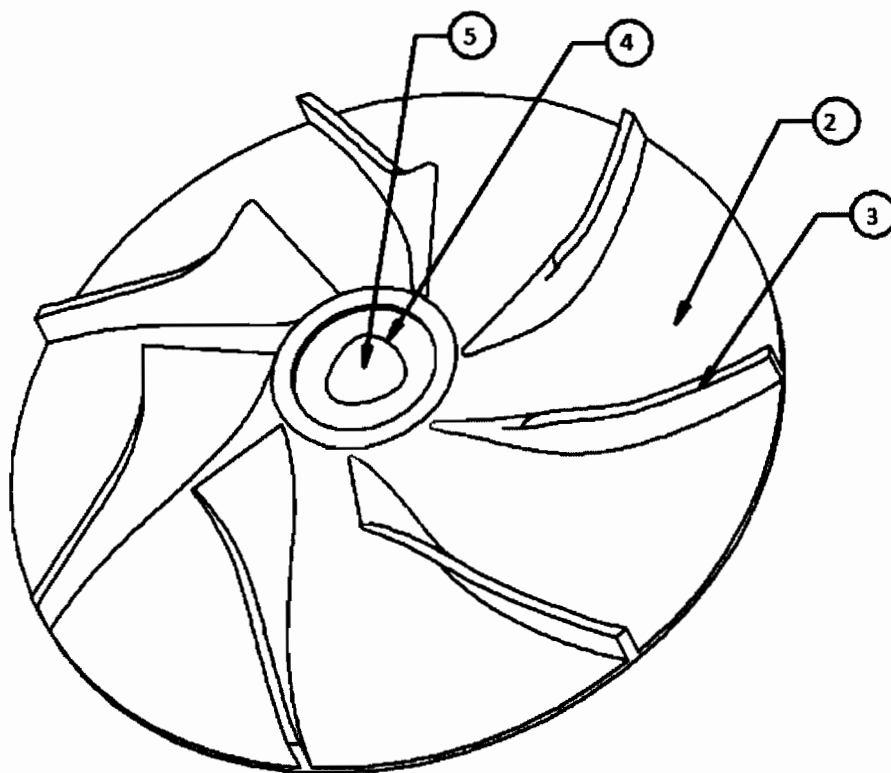


Fig. 2a



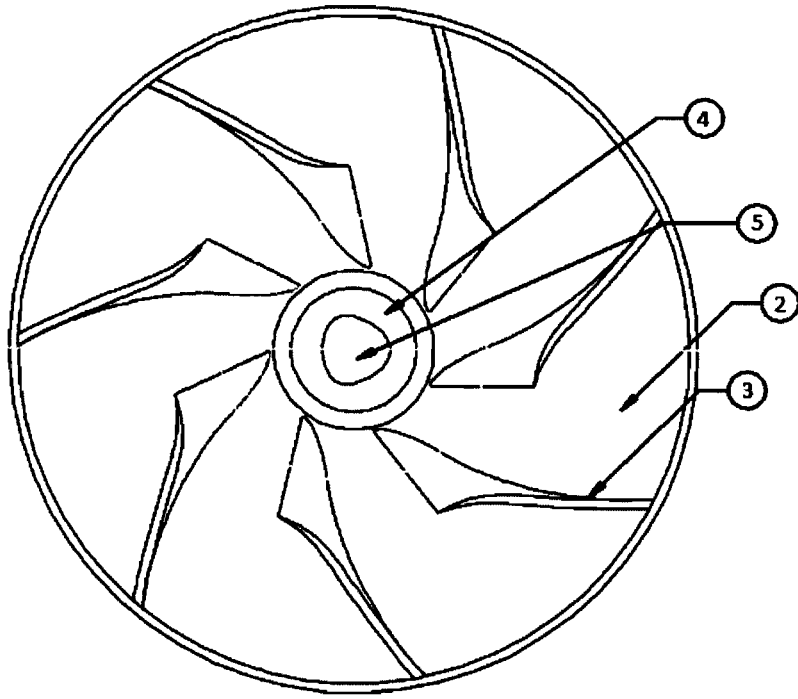


Fig.2b

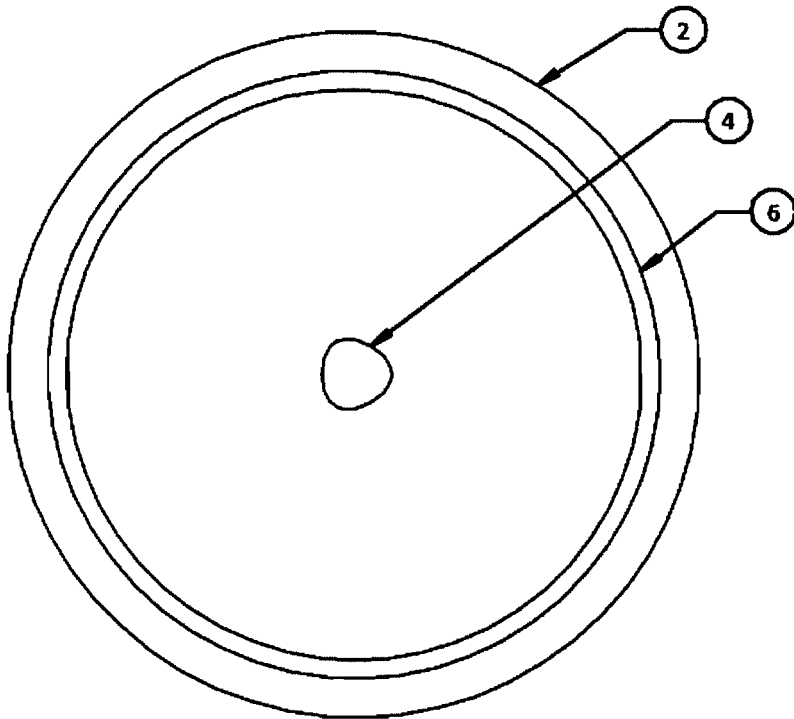


Fig.2c

INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE TURBOCOMBUSTIOARE • INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE TURBOCOMBUSTIOARE • INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE TURBOCOMBUSTIOARE
PREȘEDINTE DIRECTOR GENERAL
Valeriu SÎLIVESTRU
COMOTI

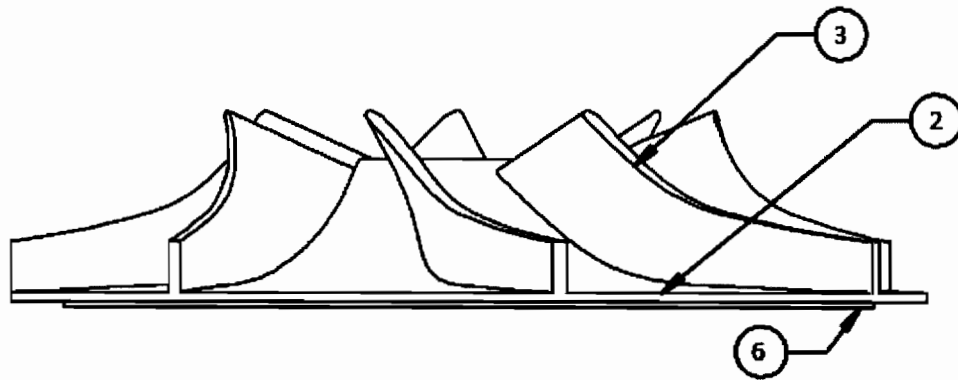


Fig.2d

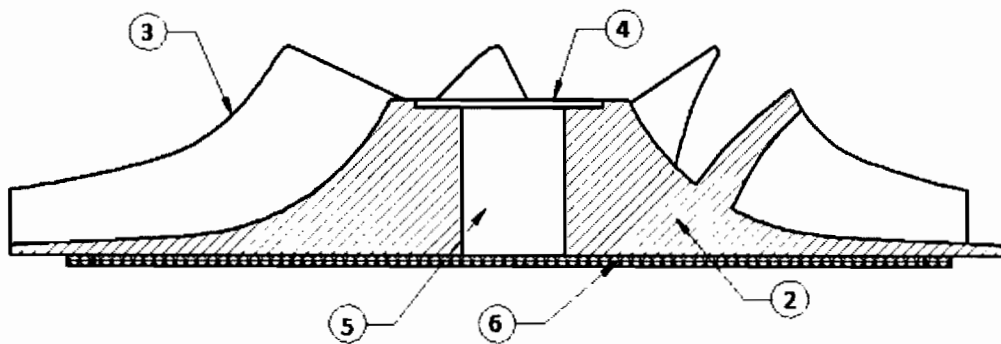
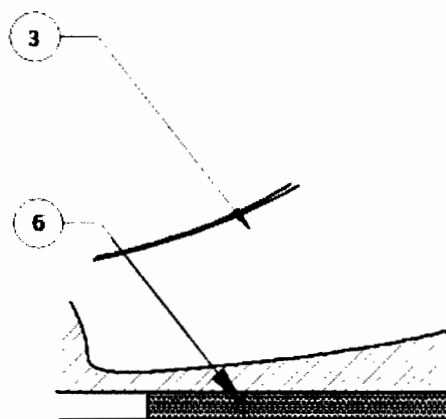


Fig.2e



Detaliu A

Fig.2f

Figura 2 – Rotor compresor centrifugal: a) Vedere izometrică; b) Vedere sus – parte activă; c) Vedere spate – parte inactivă; d) Vedere din lateral; e) Vedere din secțiune; f) Detaliu - vedere din secțiune inel metalic pentru echilibrare

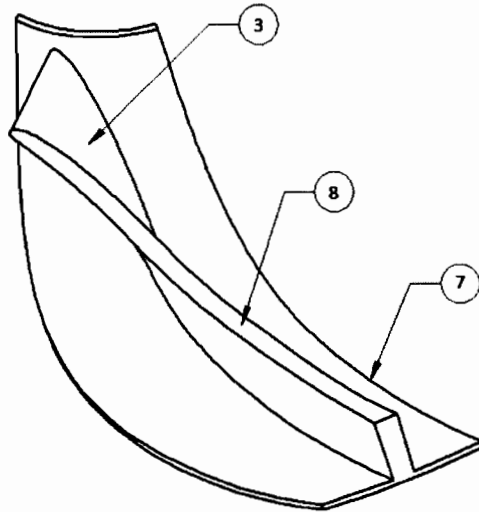


Fig.3a

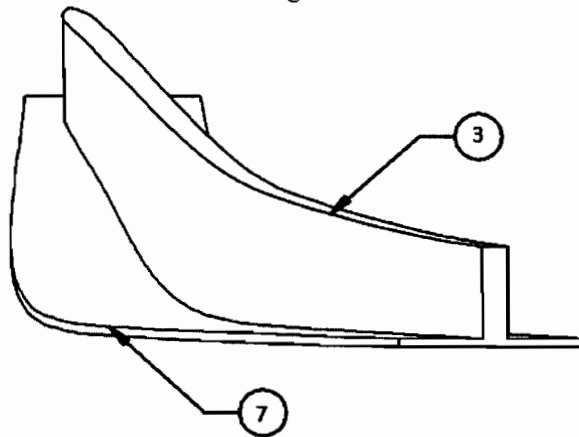


Fig.3b

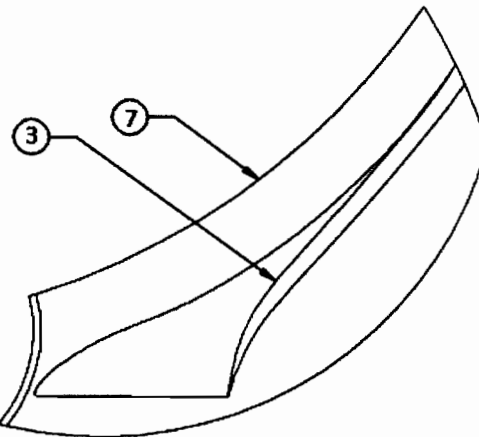
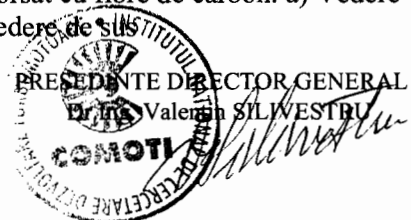


Fig.3c

Figura 3 – Pala rotor din material compozit polimeric ranforsat cu fibre de carbon. a) Vedere isometrică; b) Vedere din față; c) Vedere de sus



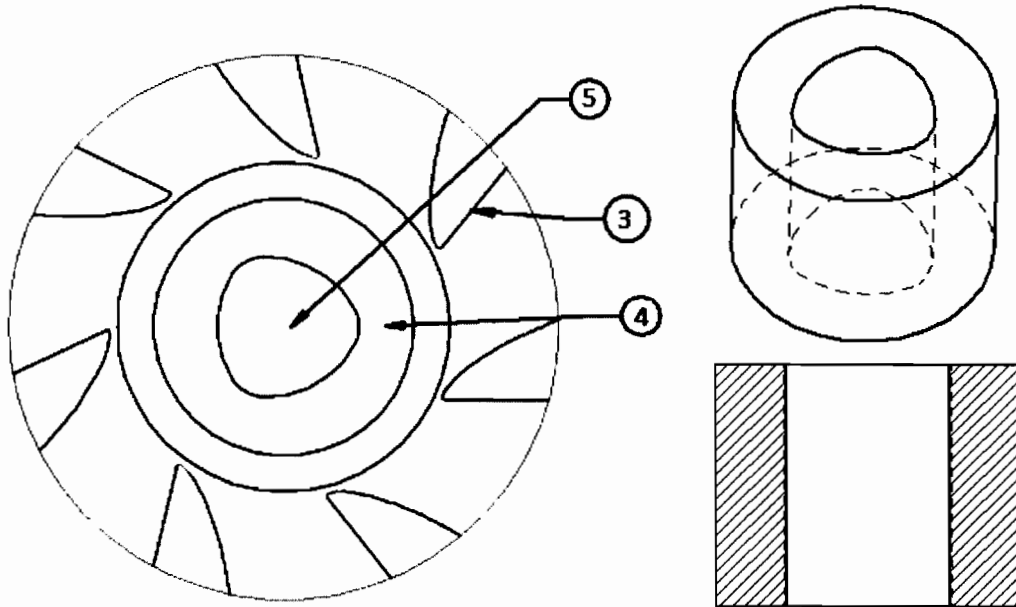


Figura 4 – Arbore de angrenare și bucsă metalică cu profil K

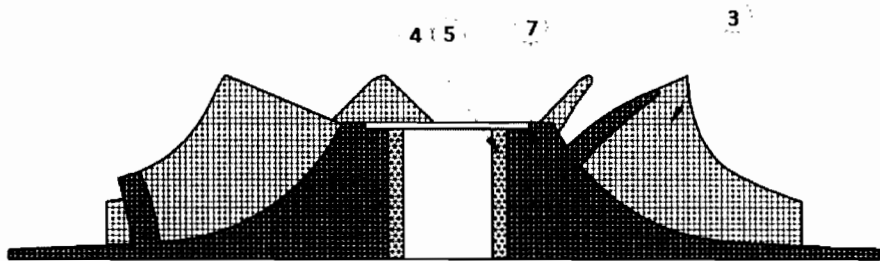


Figura 5 – Secțiune prin rotor - exemplificare încadrarea bucsii metalice cu profil K în materialul compozit (în această fază a procesului de realizare, inelul metalic pentru echilibrare nu este integrat)

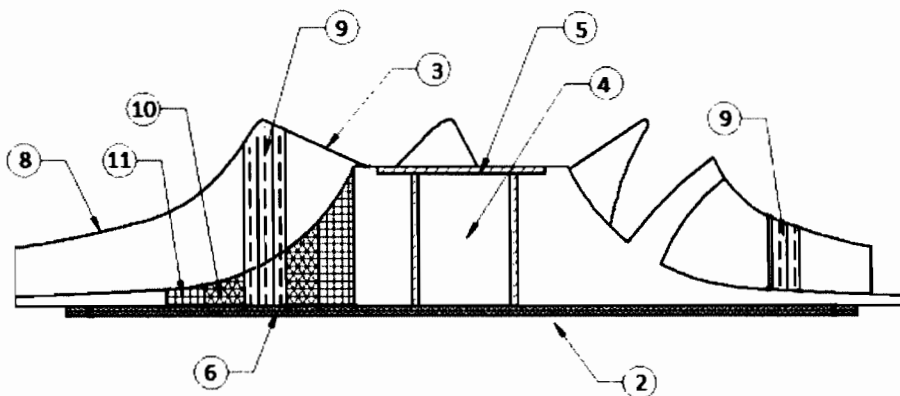


Fig.6a

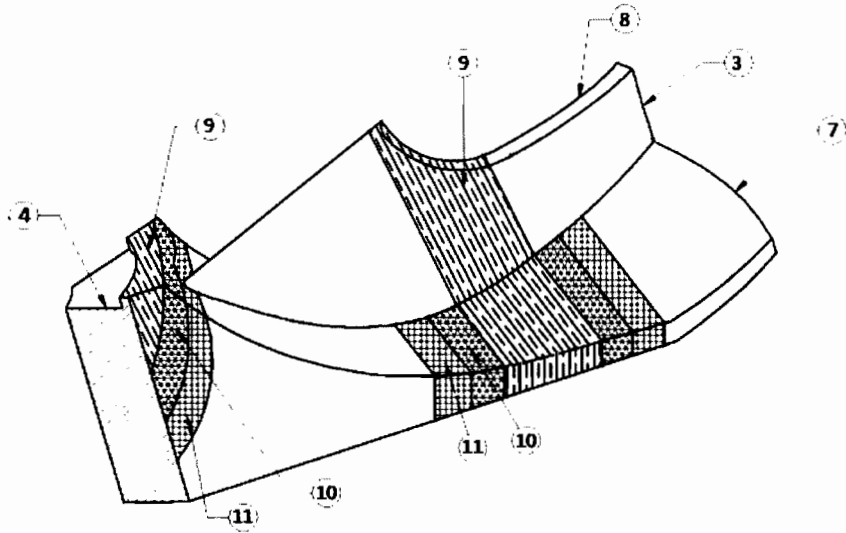


Fig.6b

Figura 6 – a) Vedere în secțiune în rotorul de compresor centrifugal realizat din materiale compozite polimerice ranforsate cu fibre de carbon; b) Vedere în perspectivă al unui sector de rotor evidențiind orientările straturilor de țesătură preimpregnată pentru pală, respectiv canalul de curgere la 0° și orientările straturilor de preimpregnat pentru disc la 0° , 45° , 90°