



MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA „VALAHIA” din TARGOVISTE
IOSUD – ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL: ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL: *INGINERIE MECANICĂ*

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

**CERCETĂRI ȘI STUDII PRIVIND CREAREA DE SISTEME CYBER-
MECATRONICE ULTRA PRECISE PENTRU CONTROLUL
INDUSTRIAL ȘI DE LABORATOR (PENTRU REPERE TURNATE
DIN INDUSTRIA AUTO)**

SUMMARY OF THESIS

**RESEARCH AND STUDIES REGARDING THE DEVELOPMENT OF
ULTRA-PRECISE CYBER-MECHATRONIC SYSTEMS FOR
INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL (FOR CAST
COMPONENTS FROM THE AUTOMOTIVE INDUSTRY)**

CONDUCĂTOR DE DOCTORAT,

Prof. Univ. Dr. Ing. Cornel MARIN

DOCTORAND,

Ing. Sorin Ionuț BADEA

**TÂRGOVIȘTE
2023**

CUPRINS

Capitolul 1.	OBIECTIVUL TEZEI	1
Capitolul 2.	CONSIDERAȚII GENERALE	2
Capitolul 3.	(EXEMPLE DE) REALIZĂRI DE SISTEME MECATRONICE ÎN URMA COLABORĂRIILOR DINTRE PRODUCĂTORI ȘI CERCETĂTORI ÎN DOMENIUL VERIFICĂRII PIESELOR TURNATE	3
Capitolul 4.	CONCEPTE, METODE ȘI TEHNICI DE MĂSURARE, VERIFICARE ȘI INSPECȚIE A REPERELOR TURNATE/UZINATE DIN DOMENIUL AUTO, UTILIZATE PE PLAN INTERN ȘI INTERNATIONAL	5
Capitolul 5.	INTRODUCERE ÎN DOMENIUL TEZEI	7
Capitolul 6.	CONCEPTE ȘI SOLUȚII CONSTRUCTIVE UTILIZATE PENTRU ELABORAREA MODELULUI VIRTUAL ȘI A MODELULUI FUNCȚIONAL, ALE UNUI SISTEM CYBER-MIXMECATRONIC PENTRU VERIFICAREA ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE.....	9
6.1	Cerințele care trebuie îndeplinite la verificarea și controlul etanșeității reperelor turnate uzinate/neuzinate.....	10
6.2	Etaple fluxului de verificare și control, a reperelor turnate, uzinate/neuzinate, ce trebuie avute în vedere la elaborarea modelului virtual în faza de concept	11
6.3	Concept și soluție model virtual.....	17
6.4	Concept și soluție model funcțional.....	18
Capitolul 7.	CONCEPTE ȘI SOLUȚII CONSTRUCTIVE UTILIZATE PENTRU REALIZAREA MODELULUI EXPERIMENTAL AL UNUI SISTEM CYBER- MIXMECATRONIC PENTRU VERIFICAREA ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE.	20
7.1	Schema de principiu a unui sistem mecatronic de verificare și control.	20
7.2	Concept general al arhitecturii de automatizare a unui sistem mecatronic de verificare și control al etanșeității unui reper turnat, uzinat/neuzinat	21

7.3	Concept de sistem mecatronic și cyber-mixmecatronic.....	22
Capitolul 8.	VERIFICAREA CAPABILITĂȚII SISTEMULUI MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL A ETANȘEITĂȚII REPERELOR TURNATE UZINATE /NEUZINATE.....	23
Capitolul 9.	PREZENTAREA GENERALĂ A SISTEMULUI CYBER-MECATRONIC, ULTRA PRECIS, UTILIZAT PENTRU CONTROLUL INDUSTRIAL AL REPERELOR AUTO TURNATE	24
9.1	Componentele sistemului cyber-mecatronic, ultra precis, utilizat pentru controlul industrial al reperelor auto turnate	24
9.2	Descrierea reperului semelă, a cărei etanșeitate va fi verificată și controlată cu sistemul cyber-mecatronic, ultra precis, de control industrial.....	25
9.2.1	Circuitele de presiune ale semelei.....	26
9.2.2	Zonele de etanșare ale circuitelor semelei ce trebuie verificată.....	28
Capitolul 10.	CERINȚELE UNUI CAIET DE SARCINI CE STĂ LA BAZA PROIECTĂRII UNUI SISTEM MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL AL ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE	34
Capitolul 11.	PROIECTAREA SISTEMULUI MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL AL ETANȘEITĂȚII REPERULUI SEMELĂ (DOUĂ DIVERSITĂȚI CU CÂTE DOUĂ TIPURI FIECARE)	35
11.1	Determinarea suprafețelor de etanșare	35
11.2	Determinarea suprafeței de așezare a piesei, precum și a poziției acesteia în postul de lucru, în cadrul sistemului mecatronic de verificare și control al etanșeității.....	39
11.3	Calculul forțelor necesare fixării (bridării) reperului de verificat și dimensionarea subansamblului de bridare	40
11.4	Calculul forțelor necesare bușonării zonelor ce trebuie etanșate.....	43

Capitolul 12.	SCHEMA PNEUMATICĂ ȘI ETAPELE DE REALIZARE ALE MIȘCĂRILOR NECESARE VERIFICĂRII ETANȘEITĂȚII REPERELOR TURNATE, CU AJUTORUL SISTEMULUI CYBER-MECATRONIC ULTRA PRECIS DE CONTROL INDUSTRIAL ȘI DE LABORATOR.....	47
Capitolul 13.	TESTAREA ȘI VALIDAREA CAPABILITĂȚII SISTEMULUI CYBER-MECATRONIC ULTRA PRECIS DE CONTROL INDUSTRIAL ȘI DE LABORATOR (PENTRU REPERE AUTO TURNATE)	50
13.1	Testarea și validarea reperului H9R	50
Capitolul 14.	CONTRIBUȚII.....	55
Capitolul 15.	CONCLUZII ȘI DIRECȚII NOI DE CERCETARE.....	60
15.1	Concluzii	60
15.2	Noi direcții de cercetare din domeniul tezei de doctorat.....	62

Capitolul 1. OBIECTIVUL TEZEI

În prezent, există numeroase metode și dispozitive/instrumente utilizate pentru a verifica etanșeitatea, dintre acestea, cele mai utilizate fiind testele de scufundare, testele cu aer comprimat sau cele utilizând lichide colorate. Deși sunt utilizate pe scara largă, aceste metode sunt în general costisitoare și consumatoare de timp și sunt susceptibile la erori umane. Prin urmare, este necesară identificarea celor mai eficiente metode de testare și dezvoltarea unor sisteme mecatronice precise care să poată oferi o soluție automatizată, eficientă și exactă pentru verificarea etanșeității acestor piese turnate.

Această teză va începe prin analiza literaturii de specialitate privind tehnologiile și metodele existente pentru verificarea etanșeității, cu accent pe sistemele mecatronice și pe aplicațiile specifice din industria auto. Se vor identifica provocările și nevoile practice actuale și se vor explora abordările existente pentru controlul și verificarea etanșeității în producție. Această analiză va servi drept bază pentru dezvoltarea unei sistem mecatronic care să fie implementat și evaluat în cadrul tezei.

Un aspect crucial al tezei va fi proiectarea și dezvoltarea propriu-zisă a sistemului mecatronic propus pentru verificarea etanșeității pieselor turnate din industria auto. Acesta va implica proiectarea componentelor mecanice, electronice și software specifice, cu scopul de a asigura o performanță și o precizie foarte ridicate în procesul de verificare. De asemenea, se vor explora modurile în care aceste sisteme mecatronice pot fi integrate în cadrul proceselor de producție existente.

Capitolul 2. CONSIDERAȚII GENERALE

Data fiind viteza de dezvoltare a tehnologiei, în general, pentru a putea ține pasul cu cerințele privind calitatea produselor și necesitatea de punere, rapidă, pe piață, a diferitelor produse, industria prelucrătoare a dezvoltat și impus un nou concept de automatizare, denumit MECATRONICĂ. Acesta reprezintă practic o armonizare a subansamblurilor mecanic, electronic și informatic, în scopul obținerii unui nivel superior de automatizare, atât de necesar în cadrul unui flux de producție.

Printre cele mai importante beneficii ale implementării conceptului de mecatronica, se numără:

- Realizarea unei economii de timp/reducerea timpilor de producție
- Creșterea producției
- Reducerea costurilor de fabricație
- Eficientizarea fluxului de producție
- Impactul pozitiv asupra calității produsului final
- Creșterea eficienței diverselor sisteme și instalații, prezente pe

fluxul de producție, prin intermediul sistemelor de control electronic integrat

Capitolul 3. (EXEMPLE DE) REALIZĂRI DE SISTEME MECATRONICE ÎN URMA COLABORĂRIILOR DINTRE PRODUCĂTORI ȘI CERCETĂTORI ÎN DOMENIUL VERIFICĂRII PIESELOR TURNATE

Testarea diverselor componente ale unui autoturism și dintre acestea, în mod deosebit a pieselor turnate având dimensiuni mari de gabarit, ca de exemplu blocul motor, reprezintă o operațiune dificilă, întrucât acestea sunt greu de manipulat, poziționat și prezintă deseori bavuri și suprafețe neregulate, dificil de etanșat.

Etanșarea este, de asemenea, o provocare, datorită formei suprafeței asociate cu piesele turnate (Fig. 2.1)

Fig. 2.1 - Forma suprafețelor turnate

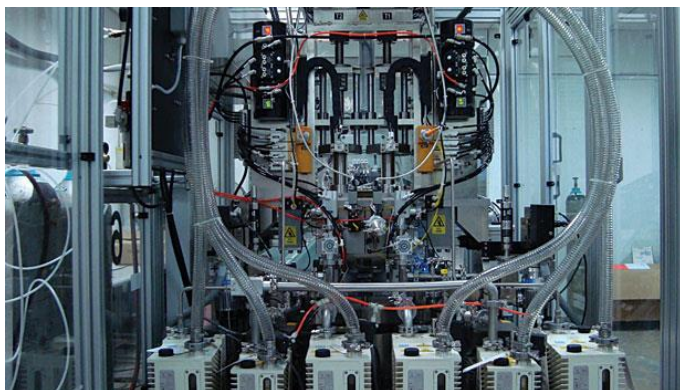


Sistemele clasice, detectează scurgerile diverselor componente testate, în etapa finală a fluxului de producție, atunci când este realizat ansamblu din care acestea fac parte. Sistemele mecatronice sunt dotate cu subansamble de

fixare și montaj și cu detectoare de scurgeri de heliu furnizate de Inficon. Acest lucru permite ca detectarea scurgerilor să se realizeze de cele mai multe ori imediat după ce piesele au fost turnate, reducându-se costul de producție prin eliminarea pieselor defecte înainte de faza de asamblare.

Sistemele mecatronice (vezi Fig. 2.2) de verificare folosesc ansamble specifice de fixare și automatizare.

Fig. 2.2 - Sistem mecatronic pentru testarea la scurgere (etanșare) a pieselor turnate



Pe plan intern, ca dezvoltator și producător important de sisteme mecatronice pentru verificarea pieselor auto, se remarcă Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM). Cu o experiență de peste trei decenii, INCDMTM a reușit să dezvolte și să producă sisteme mecatronice de măsură și control având ca principal beneficiar fabrica Renault-Dacia de la Mioveni.

În urma colaborării cu Renault INCDMTM a dezvoltat și implementat o serie de sisteme mecatronice complexe dedicate măsurării/verificării, a diverselor componente auto, cum ar fi: capac chiulasă, bloc motor, etc.

Capitolul 4. CONCEPTE, METODE ȘI TEHNICI DE MĂSURARE, VERIFICARE ȘI INSPECȚIE A REPERELOR TURNATE/UZINATE DIN DOMENIUL AUTO, UTILIZATE PE PLAN INTERN ȘI INTERNATIONAL

Unul dintre cele mai sigure procedee de depistare a defectelor este cel al controlului etanșării piesei prin metoda micro scurgerilor. Procedeeul constă în aceea că eventualul defect este verificat în condițiile similare funcționării reperului și presupune introducerea de aer sub presiune în cavitatea (sau cavitățile) activă a piesei în discuție, la o valoare egală cu cea a presiunii de lucru a reperului testat. Această verificare se realizează utilizând o instalație specială care etanșează întregul reper și realizează o cavitate închisă. Instalația introduce un anumit volum de aer sub presiune și măsoară pierderea de aer într-un timp foarte scurt.

Metode de testare a etanșeității pieselor turnate

Metoda de verificare a etanșeității pieselor turnate cu ajutorul bulelor de gaz/aer în lichid implică introducerea piesei, care a fost etanșată inițial cu garnituri și bușoane, într-un bazin sau rezervor cu apă și observarea apariției bulelor.

Metoda de verificare a etanșeității pieselor turnate, cu ajutorul scăderii de presiune a gazului constă în presurizarea ansamblului format din reperul de verificat și sistemul de etanșare al acesteia, cu ajutorul unui gaz, urmată de izolarea acestuia de la alimentarea cu gaz și apoi, după o perioadă de

stabilizare, se realizează verificarea diferenței de presiune apărută în raport cu faza de stabilizare.

Metoda de verificare a etanșeității pieselor turnate, cu ajutorul vidului /de creștere a presiunii gazului presupune reducerea presiunii în sistem la nivele scăzute și, după stabilizarea presiunii, măsurarea creșterii presiunii cauzate de presiunea externă exercitată asupra elementului supus verificării.

Metoda gazului trasor descrie, de fapt, un grup de metode de verificare bazate pe detectarea și măsurarea cantității unui gaz, denumit „trasor”, care scapă printr-o fisură.

Din cauza caracteristicilor lor, primele trei tehnici pot fi utilizate exclusiv pentru detectarea pierderilor masive de fluid.

Metoda de testare cu gaz trasor oferă o precizie mult mai mare, însă în multe situații, utilizarea sa nu este justificată, deoarece sensibilitatea teoretică a acesteia depășește necesitățile specifice.

Capitolul 5. INTRODUCERE ÎN DOMENIUL TEZEI

În funcție de natura desfășurării și organizării activităților de control tehnic de calitate, se pot identifica următoarele categorii:

a. Controlul tehnic de calitate poate fi realizat în diverse moduri, în funcție de metoda aplicată, și anume:

- control manual - acesta implică participarea directă și completă a operatorului uman;
- control mecanizat - acesta presupune intervenția parțială a operatorului uman;
- control automat - acesta este un tip de control care exclude intervenția operatorului uman, cu excepția situațiilor în care este necesară remediarea defecțiunii constatate;
- controlul inteligent - se bazează pe utilizarea tehnologiilor și algoritmilor inteligenți, precum inteligența artificială.

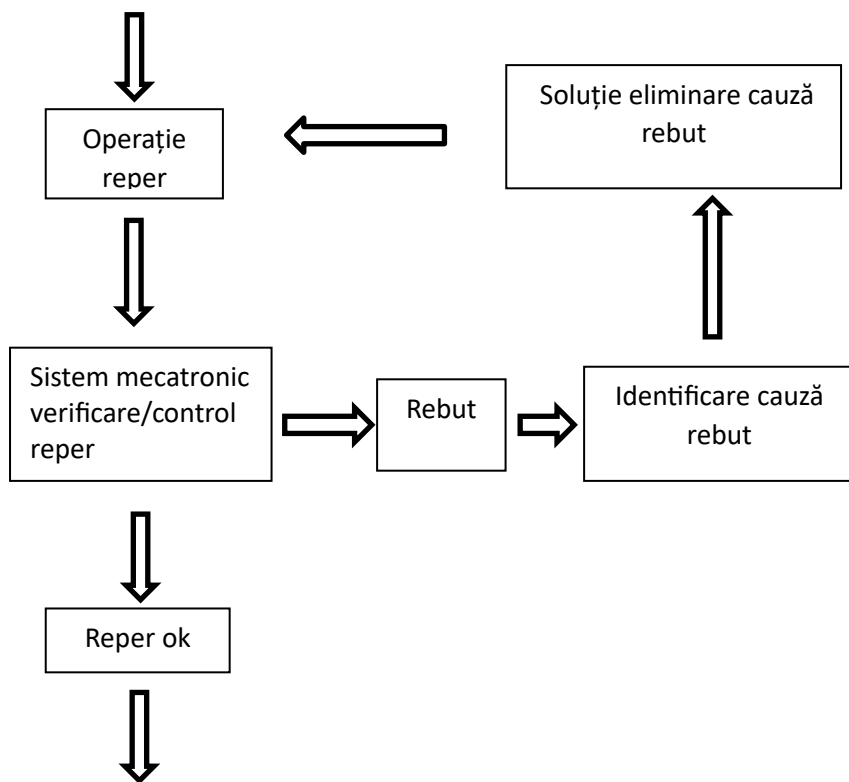
b. În funcție de tipul controlului tehnic de calitate, acesta poate fi:

- control pasiv - acesta permite constatarea calității produsului controlat;
- control activ - se efectuează utilizând instalații mecatronice complexe. În acest scenariu, pe baza rezultatelor controlului, instalația este capabilă să emite comenzi pentru a menține calitatea în limitele impuse.

În Fig. 5.1 este descris traseul urmat de către repere în cadrul unei operații de verificare realizată cu ajutorul unui sistem mecatronic complex, cu

evidențierea buclei de feed-back, care va permite ulterior, determinarea cauzelor de apariție ale defectelor.

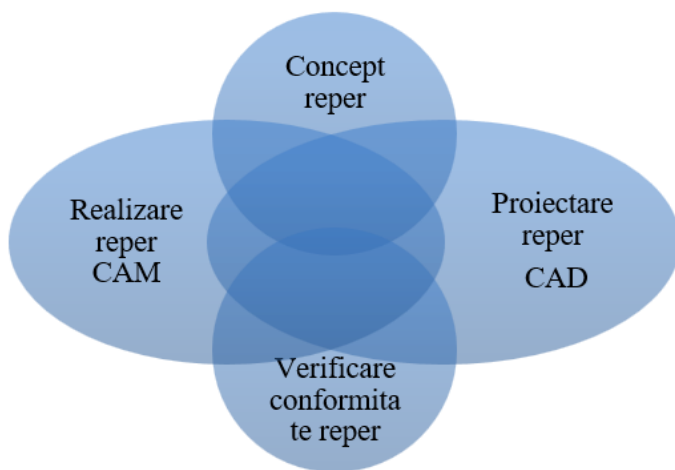
Fig. 5.1 - Verificare și control utilizând sisteme mecatronice complexe



Capitolul 6. CONCEPTE ȘI SOLUȚII CONSTRUCTIVE UTILIZATE PENTRU ELABORAREA MODELULUI VIRTUAL ȘI A MODELULUI FUNCȚIONAL, ALE UNUI SISTEM CYBER- MIXMECATRONIC PENTRU VERIFICAREA ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE

Realizarea modelului virtual trebuie să țină cont atât de cerințele beneficiarului cât și de limitările proceselor de fabricație. Datorită colaborării dintre sistemele CAD/CAM este eliminat riscul de a ajunge în procesul de fabricație repere imposibil de executat

Fig. 6.1 - Relaționarea dintre etapele de realizare ale unui reper de la concepție la produs finit



6.1 Cerințele care trebuie îndeplinite la verificarea și controlul etanșeității reperelor turnate uzinate/neuzinate

Verificarea și controlul la etanșeitate a pieselor turnate și a pieselor rezultate în urma prelucrării reperelor turnate trebuie să îndeplinească mai multe cerințe:

- precizie ridicată (conform standardelor internaționale);
- timp de ciclu cât mai mic;
- ușurința în utilizare;
- preț/verificare cât mai mic;

În urma analizării metodelor de verificare a etanșeității pieselor turnate și ale celor uzinate, a rezultat faptul că cele mai potrivite metode de verificare și control sunt:

- metoda scăderii presiunii aerului;
- metoda vidului/de creștere a presiunii aerului.

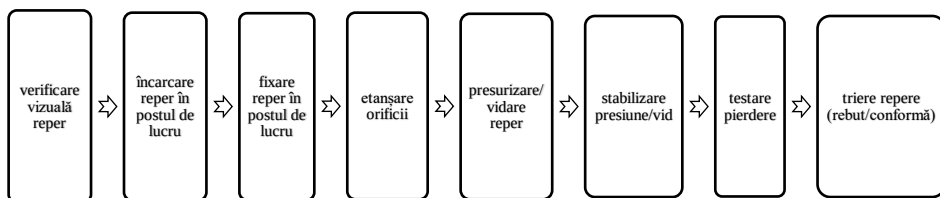
Printre avantajele acestor două metode enumerăm:

- nu necesită utilizarea unui fluid special pentru a pune în evidență eventualele defecte, ci se utilizează, în acest scop, aerul;
- precizia ridicată - cu toate că are precizia de verificare și control mai mică decât cea a metodei gazului trasor respectă cerințele de verificare a etanșeității reperelor;
- timp mic de verificare și control;

6.2 Etapele fluxului de verificare și control, a reperelor turnate, uzinate/neuzinate, ce trebuie avute în vedere la elaborarea modelului virtual în faza de concept

În Fig. 6.2 este prezentat fluxul pentru verificarea și controlul reperelor turnate/prelucrate (uzinate).

Fig. 6.2 - Fluxul pentru verificarea și controlul reperelor turnate/prelucrate (uzinate)



Principiile de funcționare ale sistemului de verificare a etanșeității pieselor turnate/uzinate

Sistemele de măsurare, în general, se bazează pe trei principii de măsurare și anume:

- măsurarea directă;
- măsurarea indirectă;
- măsurarea în « componente sigilate » (sau sub clopot).

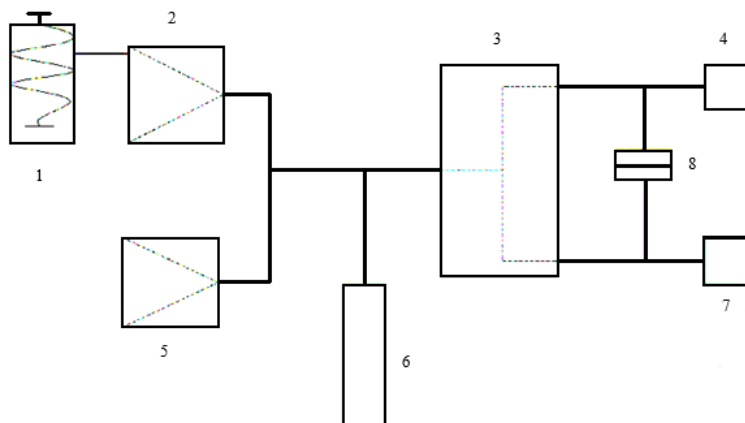
Aceste trei principii se aplică la fel de bine atât în cazul măsurării sub presiune înaltă cât și în cazul celei sub presiune joasă.

Fiecare din aceste tipuri de măsurări poate fi realizată fie prin compararea piesei de măsurat, cu o piesă etalon, denumită referință, fie fără a utiliza această referință, dar în raport cu un cu zero central.

- măsurarea cu referință;
- măsurarea fără referință;
- măsurarea cu zero central.

Măsurarea directă sau măsurarea prin scăderea de presiune (Fig. 6.11)

Fig. 6.11 - Măsurarea directă sau măsurarea realizată prin scăderea presiunii



LEGENDĂ:

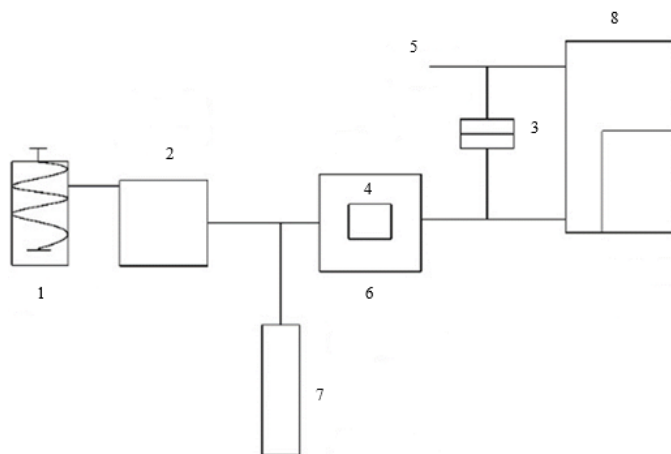
- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 1. Regulator presiune | 5. Vană de vidare |
| 2. Vană de umplere | 6. Senzor diferențial |
| 3. Vană de egalizare | 7. Piesă de referință |
| 4. Piesă de verificat | 8. Senzor diferențial |

După umplerea piesei de măsurat și a piesei de referință cu presiunea de verificare, aparatul va măsura diferența de presiune între cele două volume, izolate unul de altul prin intermediul unei vane de egalizare. La sfârșitul

ciclului, aparatul va goli componentele sistemului prin intermediul vanei de vidare.

Măsurarea indirectă sau măsurarea prin creșterea de presiune

Fig. 6.12 - Măsurarea indirectă sau măsurarea prin creșterea de presiune



LEGENDĂ:

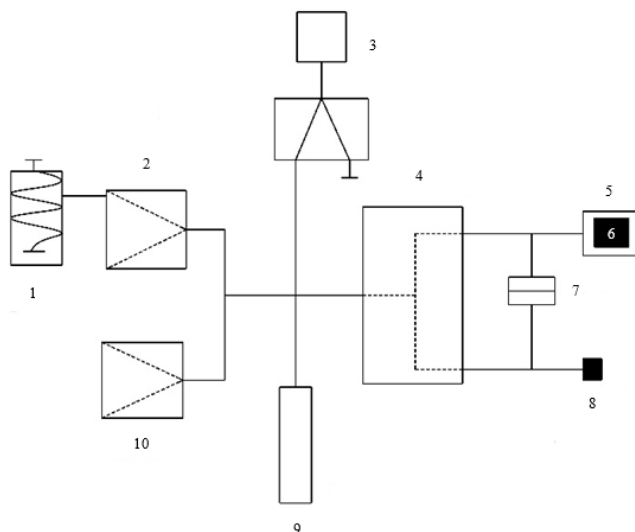
- | | |
|-----------------------|---------------------------|
| 1. Regulator presiune | 5. Patru Patru |
| 2. Vană de umplere | 6. Clopot recuperare |
| 3. Senzor | 7. Presostat electronic |
| 4. Piesă de verificat | 8. Vană de egalizare |

În cazul măsurării indirecte, piesa de măsurat este amplasată sub un clopot de etanșare, aparatul fiind legat pneumatic la acesta (Fig. 6.12). Datorită acestei configurații, piesa de verificat se găsește sub presiunea factorilor externi (până la 200 bar), iar clopotul de etanșare este conectat la presiune joasă sau sistem de vidare. În cazul în care piesa prezintă scurgeri/scăpări de aer, presiunea în clopot de etanșare, crește. Această metodă permite verificarea sub presiune înaltă, a diferitelor piese, evitând

constrângerile. Aparatul nu controlează și nu măsoară decât presiunea din clopot.

Măsurarea în componente sigilate (sub clopot) Fig. 6.13

Fig. 6.13 - Măsurarea în componente sigilate



LEGENDĂ:

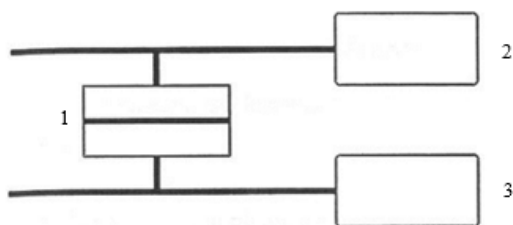
- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Regulator presiune | 6. Piesă de verificat |
| 2. Vană de umplere | 7. Senzor diferențial |
| 3. Presostat electronic | 8. Bușon piesă de referință |
| 4. Vană de egalizare | 9. Volum intern |
| 5. Clopot | 10. Vană de vidare |

Această metodă de verificare este destinată pieselor ermetice, ce nu pot fi umplute cu aer. În cadrul acestui tip de măsurare, aparatul efectuează un ciclu de tip “componente sigilate” care permit detectarea scurgerilor mari. Când un clopot este utilizat fără funcționarea componentelor sigilate, și dacă

piesa prezintă o scurgere mare de aer, aceste două părți vor fi umplute în timpul fazei de umplere. Pierderea nu va fi sesizată.

Măsurarea cu referință

Fig. 6.14 - Măsurarea cu referință



LEGENDĂ:

- 1. Senzor
- 2. Piesă de verificat
- 3. Piesă de referință

Această metodă presupune măsurarea diferenței de presiune dintre o piesă de măsurat și o piesă etalon, denumită referință (Fig. 6.14). Condițiile ideale de măsurare sunt :

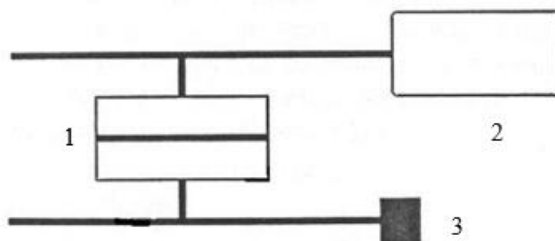
- piesa de referință este identică din punct de vedere constructiv cu piesa de măsurat;
- conexiunile pneumatice ale celor două piese sunt identice din punct de vedere constructiv .

Măsurarea cu o piesă de referință este mai rapidă pentru că echilibrarea presiunii se face foarte rapid. Acest lucru este valabil doar pentru piese nedeformabile (care își restabilesc repede proprietățile mecanice și termice apărute în urma șocurilor).

Măsurarea fără referință (Fig. 6.15)

Această metodă, este mai puțin utilizată datorită problemelor legate de calibrarea sistemului mecatronic de măsură.

Fig. 6.15 -Măsurarea fără referință

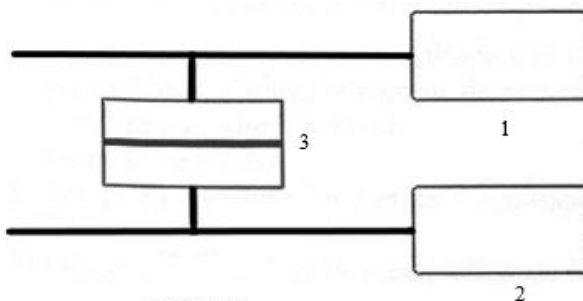


LEGENDĂ:

- 1. Senzor
- 2. Piesă de verificat
- 3. Bușon

Măsurarea cu zero central

Fig. 6.16 - Măsurarea cu zero central



LEGENDĂ:

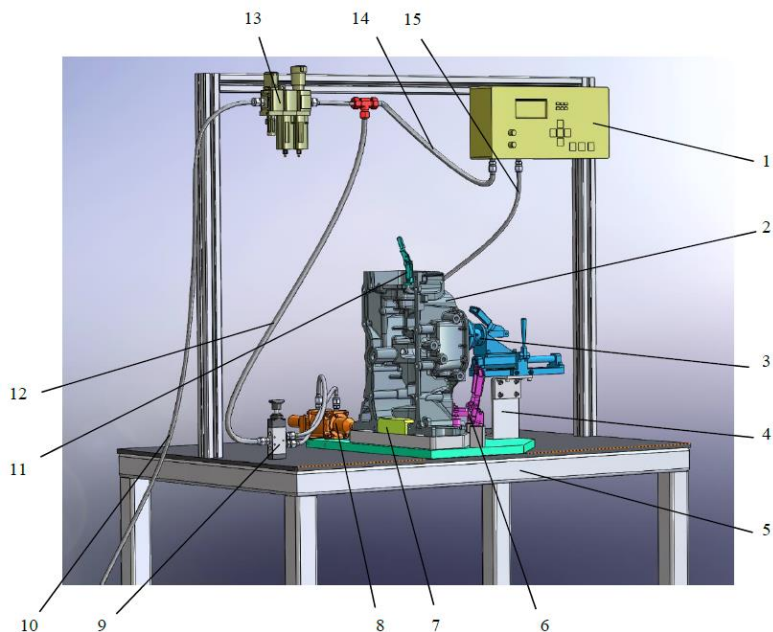
- 1. Piesă de verificat
- 2. Piesă de verificat
- 3. Senzor

Această metodă de măsurare/verificare, este utilizabilă numai atunci când numărul pieselor rebut este foarte mic (sub 1%), întrucât, în această situație probabilitatea de a avea două piese defecte în același timp este foarte mică. De asemenea, această metodă este utilizată și în cazul pieselor deformabile și a pieselor care trebuie verificate la o temperatură constantă diferită de cea a mediului ambiant. Metoda în discuție presupune realizarea măsurării/testării a două piese în același timp. În această situație, una dintre piese este conectată la partea de verificare iar cea de-a doua piesă, este conectată la partea de referință a sistemului mecatronic de măsură (Fig. 6.16). Senzorul diferențial măsoară diferența de presiune a unei piese în raport cu cea de-a doua. Verificarea /măsurarea cu zero central permite astfel, o scurtare considerabilă a timpului de măsurare, întrucât cele două piese sunt verificate în același timp.

6.3 Concept și soluție model virtual

În Fig. 6.18 este prezentat modelul virtual al unei variante constructive, a unui sistem mecatronic pentru verificare și control a etanșeității reperului carter ulei. Acesta din urmă este realizat din AlSi9Cu3(Fe) . Sistemul în discuție verifică piesa înainte de montarea acesteia (piesa are toate operațiile de prelucrare executate), pe ansamblul motorului.

Fig. 6.18 - Modelul virtual al unui dispozitiv de verificare și control al reperului
carter ulei



LEGENDĂ:

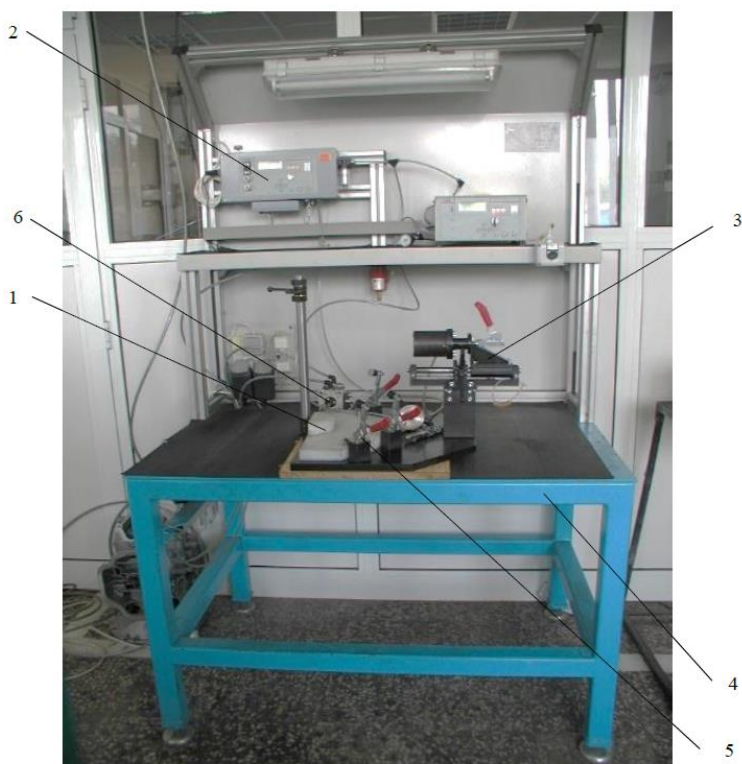
- | | | |
|----------------------------------|---------------------------|--|
| 1. Subansamblu pneumo-electronic | 6. Bridă fixare reper | 11. Subansamblu bușon 2 |
| 2. Reper carter ulei | 7. Corp prehidare piesă | 12. Furtun alimentare distribuitor |
| 3. Subansamblu bușon 1 | 8. Subansamblu marcare | 13. Grup preparare aer |
| 4. Suport subansamblu bușon1 | 9. Distribuitor manual | 14. Furtun alim. subansamblu pneumo-electronic |
| 5. Batiu dispozitiv | 10. Furtun alimentare aer | |

6.4 Concept și soluție model funcțional

Modelul funcțional (Fig. 6.23) al sistemului virtual de verificare a etanșeității, prezentat anterior, a fost realizat cu scopul de a verifica principiile și modul de funcționare, ce au stat la baza proiectării acestuia. Modelul fizic realizat, a confirmat așteptările avute de la acest sistem de verificare a

etanșeității. Ca și în cazul altor sisteme, atingerea parametrilor optimii de funcționare, a fost realizată prin ajustări ulterioare ale componentelor acestuia, precum și cu ajutorul reglajelor subansamblului pneumo-electronic de măsurare.

Fig. 6.23 - Model funcțional



LEGENDĂ:

- | | |
|--|------------------------------|
| 1. Post control reper | 4. Batiu dispozitiv |
| 2. Subansamblu pneumo-electronic de măsurare | 5. Subansamblu bridare piesă |
| 3. Subansamblu etanșare | 6. Subansamblu marcare |

Capitolul 7. CONCEPTE ȘI SOLUȚII CONSTRUCTIVE UTILIZATE PENTRU REALIZAREA MODELULUI EXPERIMENTAL AL UNUI SISTEM CYBER-MIXMECATRONIC PENTRU VERIFICAREA ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE

Treptat, tendința de înlocuire a echipamentelor clasice, cu sisteme mecatronice (sisteme cyber-mixmecatronice) este din ce în ce mai accentuata.

Acest aspect se datorează faptului că un sistem mecatronic poate înlocui cu succes, mai multe echipamente clasice de verificare, control și producție, simultan cu reducerea procentului de rebuturi, creșterea calității produselor, reducerea costurilor de producție și creșterea securității muncii.

7.1 Schema de principiu a unui sistem mecatronic de verificare și control

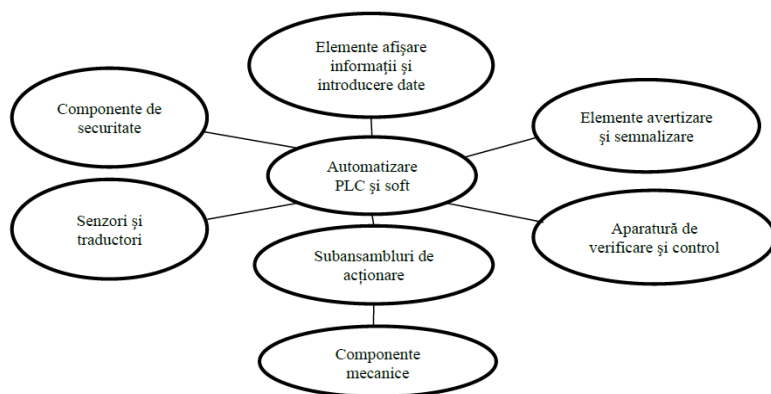
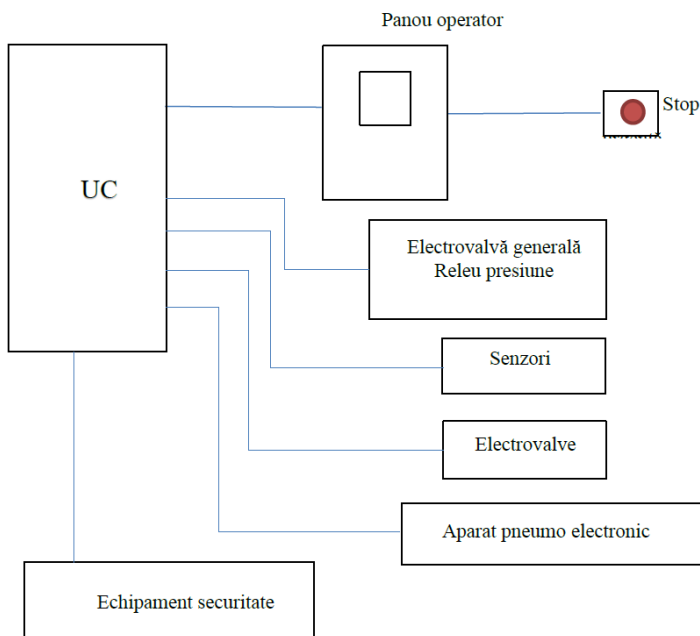


Fig. 7.1 - Schema de principiu a unui sistem mecatronic de verificare și control

În Fig. 7.1 este reprezentată schema de principiu a unui sistem mecatronic de verificare și control.

7.2 Concept general al arhitecturii de automatizare a unui sistem mecatronic de verificare și control al etanșeității unui reper turnat, uzinat/neuzinat

Fig. 7.10 - Concept general al arhitecturii de automatizare a unui sistem mecatronic de verificare și control al etanșeității unui reper turnat, uzinat/neuzinat

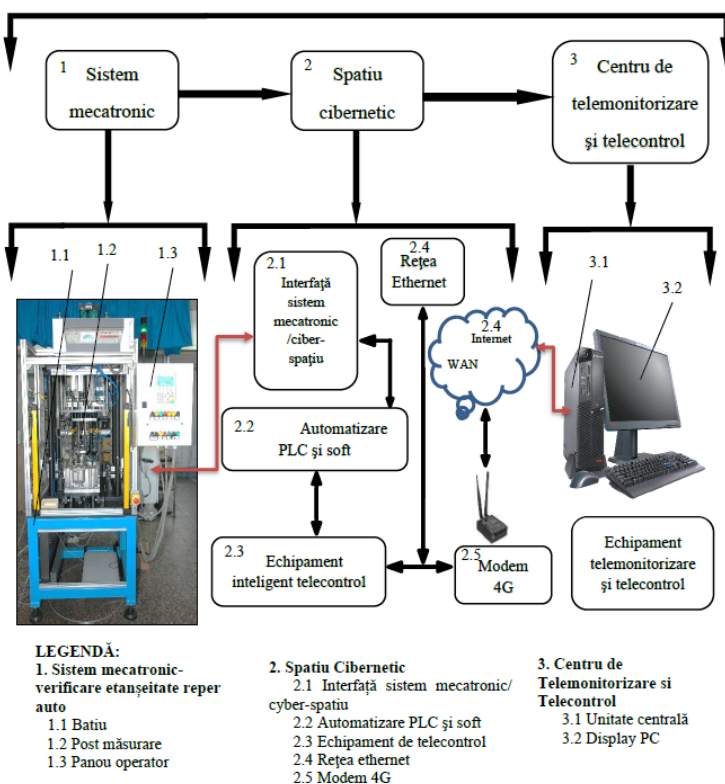


În Fig. 7.10 este reprezentată structura acestui concept general al arhitecturii de automatizare a unui sistem mecatronic de verificare și control al etanșeității unui reper turnat, uzinat/neuzinat.

7.3 Concept de sistem mecatronic și cyber-mixmecatronic

În Fig. 7.11 este înfățișată o reprezentare schematizată a conceptului de sistem mecatronic și cyber-mixmecatronic pentru verificarea și controlul etanșeității reperelor turnate, uzinate/neuzinate.

Fig. 7.11 - Reprezentare schematizata a conceptului de sistem mecatronic și cyber-mixmecatronic pentru verificarea și controlul etanșeității reperelor turnate, uzinate/neuzinate



**Capitolul 8. VERIFICAREA CAPABILITĂȚII SISTEMULUI
MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL A ETANȘEITĂȚII
REPERELOR TURNATE UZINATE /NEUZINATE**

Orice sistem mecatronic de verificare și control a etanșeității reperelor turnate uzinate/neuzinate, înainte de a fi integrat pe o linie de fabricație, trebuie validat din punct de vedere metrologic. Validarea se face în urma testului CMC (capabilitatea mijlocului de control) asupra sistemului mecatronic în discuție.

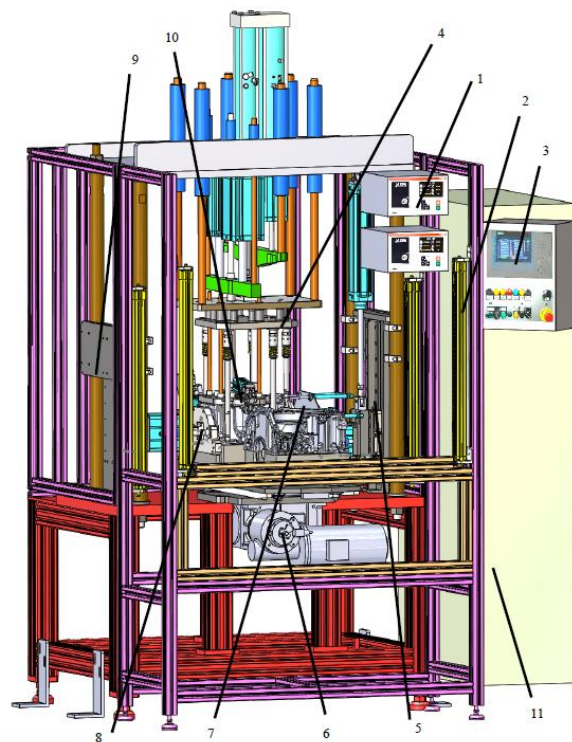
Fig. 8.1 - Interfata unui program de calcul CMC

[illegible]

Capitolul 9. PREZENTAREA GENERALĂ A SISTEMULUI CYBER-MECATRONIC, ULTRA PRECIS, UTILIZAT PENTRU CONTROLUL INDUSTRIAL AL REPERELOR AUTO TURNATE

9.1 Componentele sistemului cyber-mecatronic, ultra precis, utilizat pentru controlul industrial al reperelor auto turnate

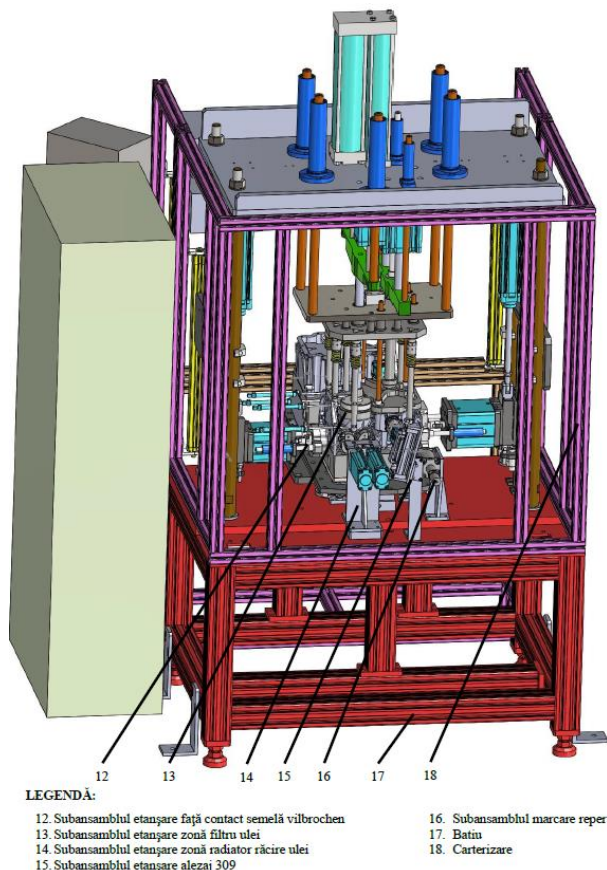
Fig. 9.1 - Vedere în perspectivă, din față, a sistemului cyber-mecatronic, ultra precis, utilizat pentru controlul industrial al etanșeității reperului semelă



LEGENDĂ:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Subansamblul pneumo-electronic | 7. Subansamblul verific prezență aleezaje |
| 2. Sisteme protecție | 8. Subansamblul etanșare suprafață reper semelă-carter distribuție |
| 3. HMI | 9. Subansamblul transport vertical 1 |
| 4. Subansamblul fixare | 10. Subansamblul etanșare aleezaj 403 |
| 5. Subansamblul transport vertical 2 | 11. Unitate centrală |
| 6. Subansamblul platou pivotant | |

Fig. 9.2 - Vedere în perspectivă, din spate, a sistemului cyber-mecatronic, ultra precis, utilizat pentru controlul industrial al etanșeității reperului semelă



9.2 Descrierea reperului semelă, a cărei etanșeitățe va fi verificată și controlată cu sistemul cyber-mecatronic, ultra precis, de control industrial

Semela este baza motorului în sensul de piesa din parte inferioară a motorului (semelle – talpă sau bază în limba franceză) cu funcție complexă

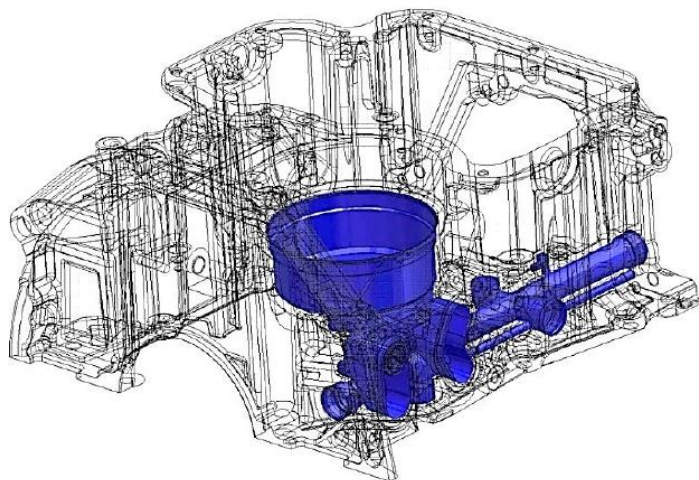
având rol principal de baie de ulei. Ea înglobează pompa de ulei, pe exteriorul acestei semele fiind montate următoarele:

- radiatorul pentru răcirea uleiului;
- filtrul de ulei;
- joja pentru verificarea nivelului uleiului;
- conectorul de racordare a pompei de ulei.

9.2.1 Circuitele de presiune ale semelei

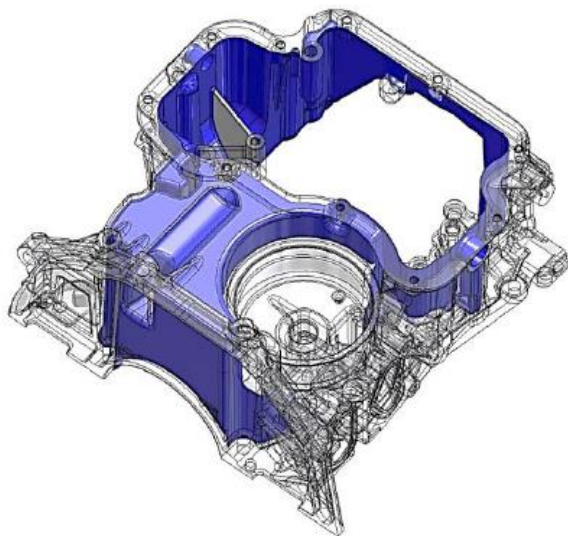
În Fig. 9.4 este evidențiat circuitul de înaltă presiune al reperului uzinat – semelă. În cadrul acestuia, valoarea presiunii uleiului este în jur de 3 bari. Volumul acestui circuit de înaltă presiune este de aproximativ 540 cm³. În cadrul ansamblului motor, la acest circuit se conectează pompa de ulei, radiatorul de răcire a uleiului și filtrul de ulei.

Fig. 9.4 - Circuitul de înaltă presiune al reperului uzinat - semelă



În Fig. 9.5 este evidențiat circuitul de joasă presiune al reperului uzinat semelă. În cadrul acestuia, valoarea presiunii uleiului este egală cu valoarea presiunii atmosferice. Volumul acestui circuit este de aproximativ 7300 cm³. În cadrul ansamblului motor, la acest circuit se conectează joja de ulei și sonda de ulei.

Fig. 9.5 - Circuit joasă presiune al reperului uzinat - semelă



Aceste doua circuite ale reperului uzinat – semelă, reprezentate mai sus, se vor verifica separat din considerentele următoare:

1. Au unele suprafețe comune. În cazul unei fisuri în aceste suprafețe comune, circuitele ajung să comunice, această fisură neputând-se depista decât în cazul testării și verificării fiecărui circuit în parte. În cazul testării și verificării la comun a celor două circuite, această fisură nu poate fi detectată deoarece nu există pierdere de presiune în exterior.

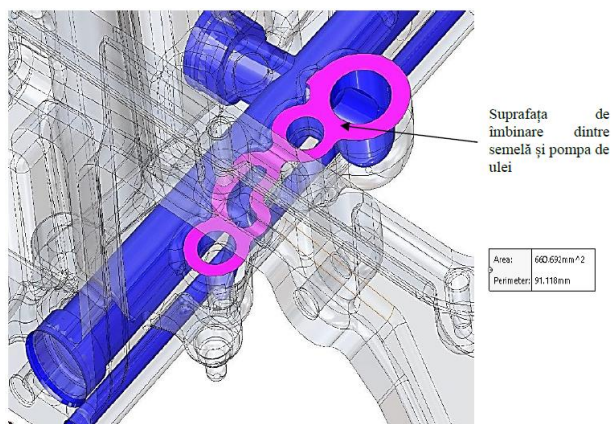
2. Circuitele pot fi, la cerere, verificate la presiuni diferite, acestea fiind prestabilite și menționate în caietul de sarcini.

9.2.2 Zonele de etanșare ale circuitelor semelei ce trebuie verificată

Zonele de etanșare pe circuitul de înaltă presiune sunt:

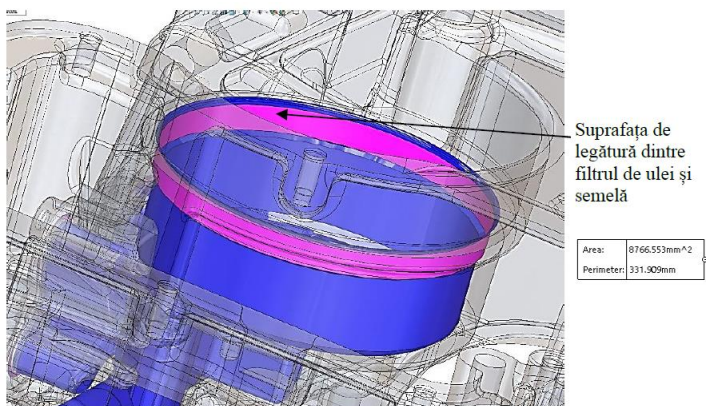
- Suprafața de îmbinare dintre semelă și pompa de ulei (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.6). Aria zonei ce trebuie etanșată este de aproximativ 6,7 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 660,692 mm²).

Fig. 9.6 - Suprafața de îmbinare dintre semelă și pompa de ulei



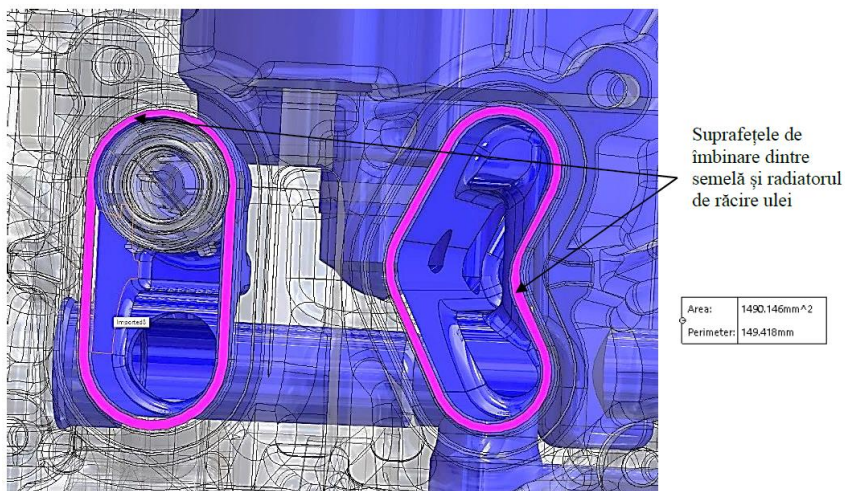
- Suprafața de legătură dintre filtrul de ulei și semelă (marcate cu culoarea roz în Fig. 9.7). Aria proiecției în planul perpendicular pe axa cilindrului format de această zonă este de aproximativ 88 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 8766,553 mm²).

Fig. 9.7 - Suprafața de legătură dintre filtrul de ulei și semelă



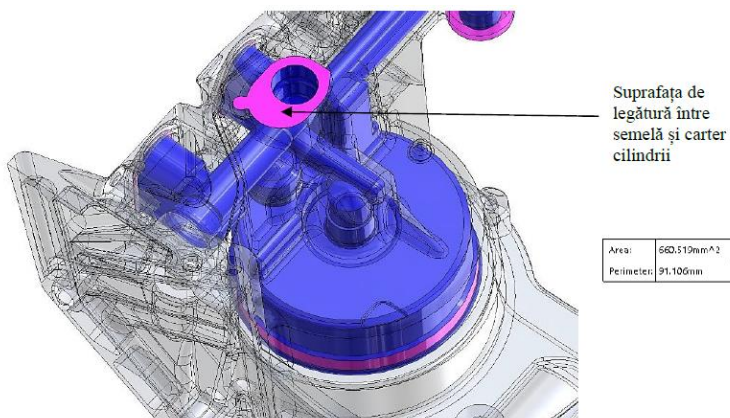
- Suprafețele de îmbinare dintre semelă și radiatorul de răcire al uleiului (marcate cu culoarea roz în Fig. 9.8). Aria fiecăreia dintre suprafețele de interes este de aproximativ 15 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 1490,146mm²).

Fig. 9.8 - Suprafețele de îmbinare dintre semelă și radiatorul de răcire ulei



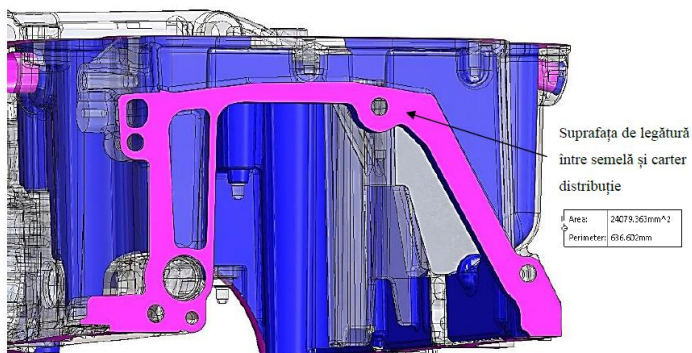
- Suprafața de legătură dintre semelă și carter cilindrii (marcată cu roz în Fig. 9.9). Aria acestei zone este de aproximativ 6,6 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 660,519 mm²).

Fig. 9.9 - Suprafața de legătură dintre semelă și carter cilindrii



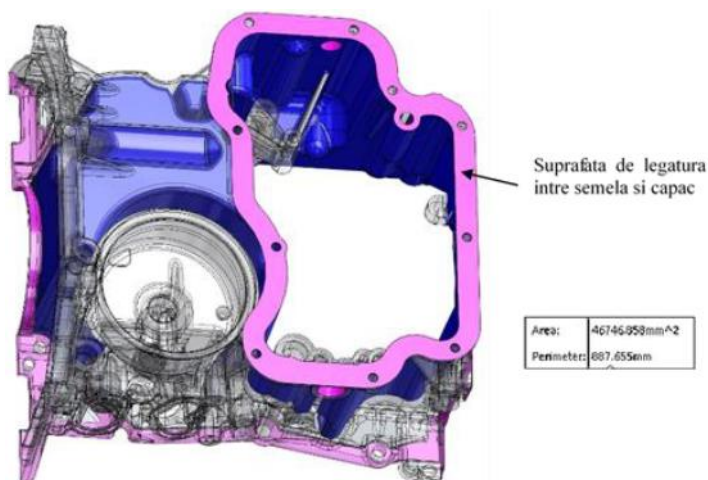
Zonele de etanșare ale incintei de joasă presiune sunt:

Fig. 9.10 - Suprafața de legătură dintre semelă și carter distribuție



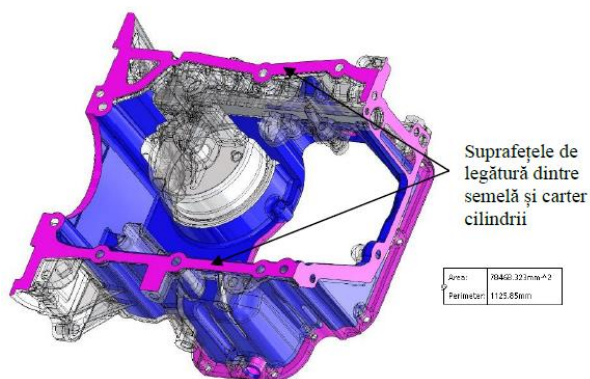
- Suprafața de legătură dintre semelă și carter distribuție (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.10). Aria acestei zone este de aproximativ 241 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 24079,363 mm²).
- Suprafața de legătură dintre semelă și capac (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.11). Aria acestei zone este de aproximativ 468 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 46746,858 mm²).

Fig. 9.11 - Suprafața de legătură dintre semelă și capac



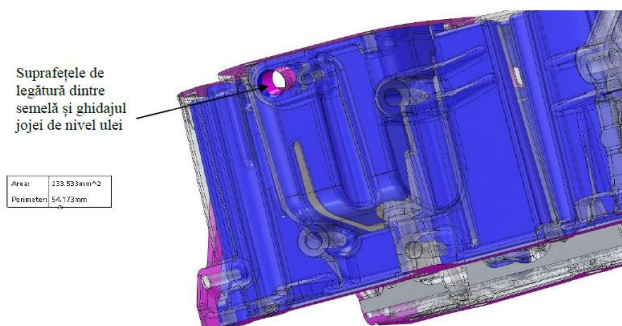
- Suprafețele de legătură dintre semelă și carter cilindrii (marcate cu culoarea roz în Fig. 9.12). Aria acestei zone este de aproximativ 785 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 78468,323 mm²).

Fig. 9.12 - Superfețele de legătură dintre semelă și carter cilindrii



- Suprafața de legătură dintre semelă și ghidajul de joă ulei (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.13). Aria proiecției în planul perpendicular pe axa cilindrului format de această zonă este de aproximativ 2,5 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 233,533 mm²).

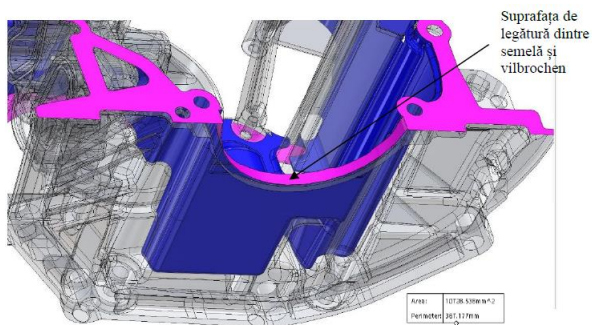
Fig. 9.13 - Suprafața de legătură dintre semelă și ghidajul joiei de nivel ulei



- Suprafața de legătură dintre semelă și vilbrochen (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.14). Aria proiecției în planul perpendicular pe axa

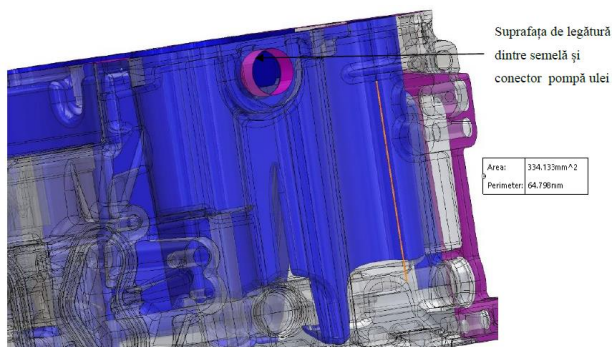
cilindrului format de această zonă este de aproximativ 108 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 10728,538 mm²).

Fig. 9.14 - Suprafața de legătură dintre semelă și vilbrochen



- Suprafața de legătură dintre semelă și conectorul de racordare a pompei de ulei (marcată cu culoarea roz în Fig. 9.15). Aria proiecției în planul perpendicular pe axa cilindrului format de această zonă este de aproximativ 3,5 cm² (în caseta din interiorul figurii se observă valoarea de 334,133 mm²).

Fig. 9.15- Suprafața de leg. dintre semelă și conectorul de racordare a pompei de ulei



Capitolul 10. CERINȚELE UNUI CAIET DE SARCINI CE STĂ LA BAZA PROIECTĂRII UNUI SISTEM MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL AL ETANȘEITĂȚII PIESELOR TURNATE

Conform caietului de sarcini trebuie realizat un sistem mecatronic de verificare și control al acestui reper, mai exact pentru două diversități cu câte două variante constructive ale acestuia.

Sistemul mecatronic de verificare și control trebuie să funcționeze în regim automat și să dispună de capabilități de comunicare cu un robot de manipulare a piesei de verificat, precum și cu alte sisteme implicate în ciclul de producție. Acest sistem mecatronic verifică circuitul de ulei de înaltă presiune și de joasă presiune fiind necesare programe separate pentru fiecare circuit în parte.

Valorile presiunii și a nivelului pierderilor admise, pentru cele două circuite

- circuitul de ulei de înaltă presiune – presiunea de verificare 1 bar (cu posibilitate de 3 bari) iar pierderea admisibilă $\leq 3,6 \text{ cm}^3/\text{min}$;
- circuitul de ulei de joasă presiune –presiunea de verificare 1 bar, iar pierderea admisibilă $\leq 25 \text{ cm}^3/\text{min}$.

Timpul de ciclu T_{cy} trebuie să fie $< 70 \text{ cmin}$ (42 secunde).

Capitolul 11. PROIECTAREA SISTEMULUI MECATRONIC DE VERIFICARE ȘI CONTROL AL ETANȘEITĂȚII REPERULUI SEMELĂ (DOUĂ DIVERSITĂȚI CU CÂTE DOUĂ TIPURI FIECARE)

11.1 Determinarea suprafețelor de etanșare

Prima etapă a acestui studiu o reprezintă identificarea diferențelor dintre reperele ce trebuie verificate și controlate. Diferențele dintre repere, în unele cazuri, cresc dificultatea proiectării și realizării sistemului mecatronic precum și complexitatea ansamblurilor și subansamblurilor, aflate în componența acestui sistem.

Cele două diversități ale semelei sunt:

- H9R cu variantele:
 - X52 (fără alezajul pentru ghidajul joiei de nivel ulei)(Fig. 11.1)
 - X98 (Fig. 11.2)
- B4T cu variantele:
 - X52(fără alezajul pentru ghidajul joiei de nivel ulei) (Fig. 11.1)
 - X98 (Fig. 11.2)

Fig. 11.1 - Evidențierea lipsei prelucrării alezajului pentru ghidajul joiei de nivel ulei

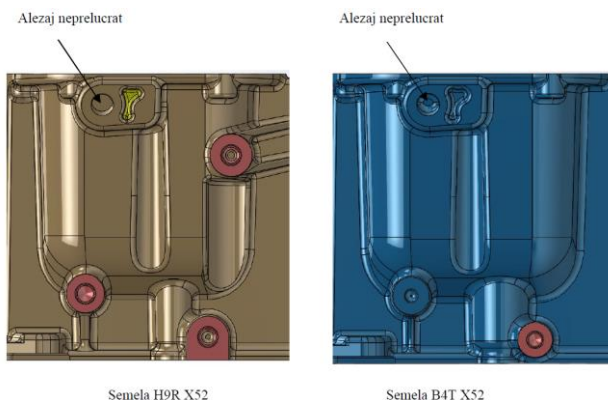
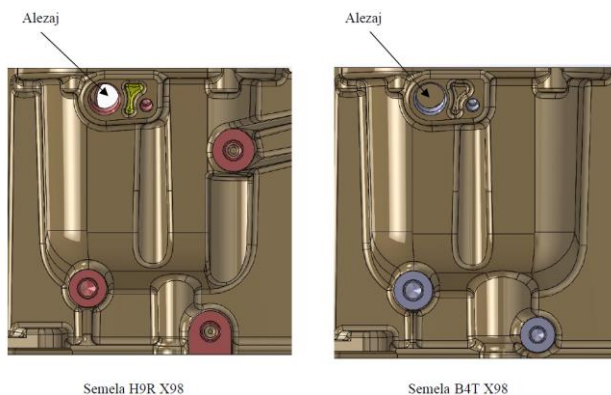


Fig. 11.2 - Evidențierea prezenței alezajului pentru ghidajul jojei de nivel ulei



Determinarea zonelor comune de etansare

Fig. 11.7 - Suprapunerea suprafețelor de contact, cu carterul cilindrului, ale celor două semele

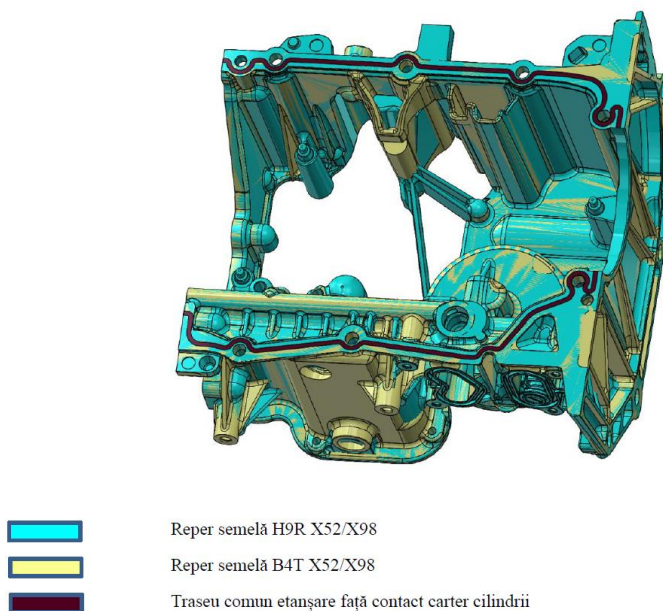


Fig. 11.8 - Suprapunerea suprafețelor de contact ale reperului cu carterul distribuție
ale celor două semele

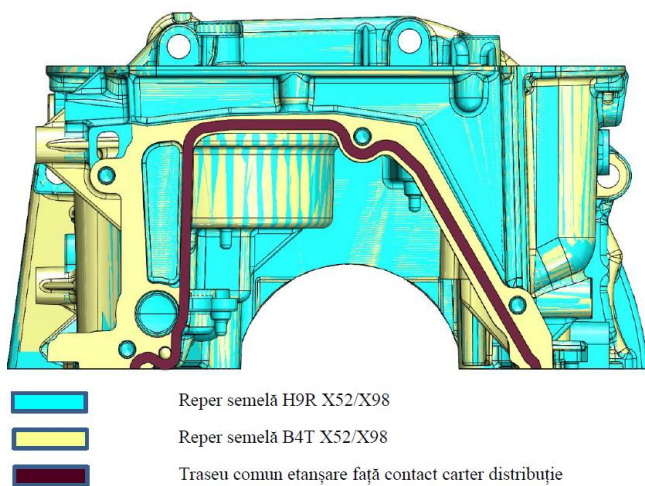


Fig. 11.9 - Suprapunerea suprafețelor de contact reper capac

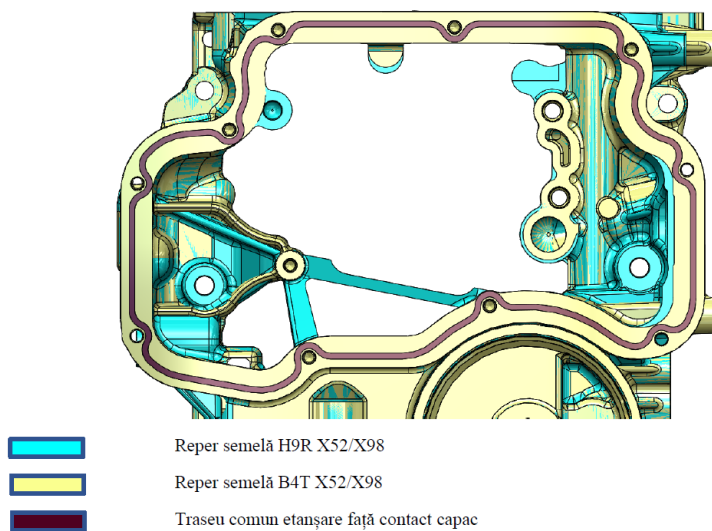


Fig. 11.10 - Suprapunerea suprafețelor de contact ale reperului cu carterul distribuție
ale celor două semele

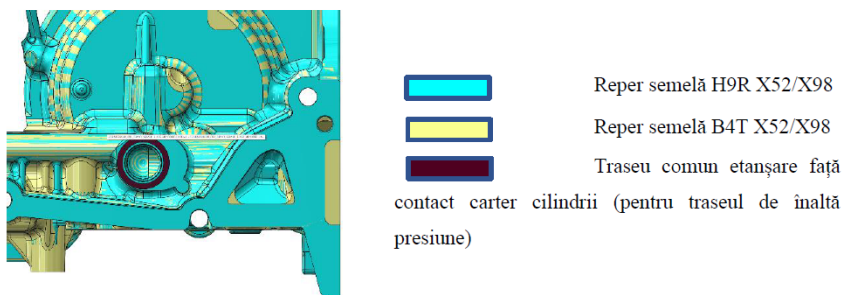
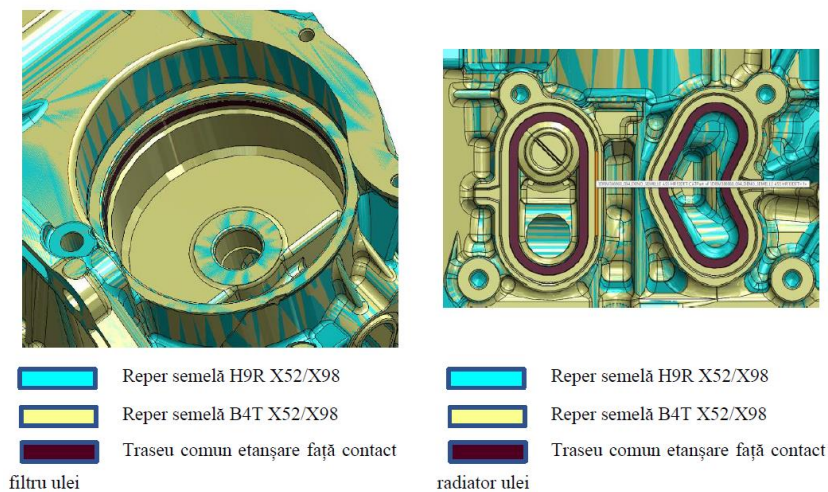


Fig. 11.11 - Suprapunerea suprafețelor de contact reper filtrul de ulei (stânga) și
radiator ulei (dreapta)



11.2 Determinarea suprafeței de așezare a piesei, precum și a poziției acesteia în postul de lucru, în cadrul sistemului mecatronic de verificare și control al etanșeității

Reperul trebuie așezat în postul de lucru astfel încât să fie îndeplinite anumite condiții.

Fig. 11.12 - Suprafața de așezare în postul de lucru

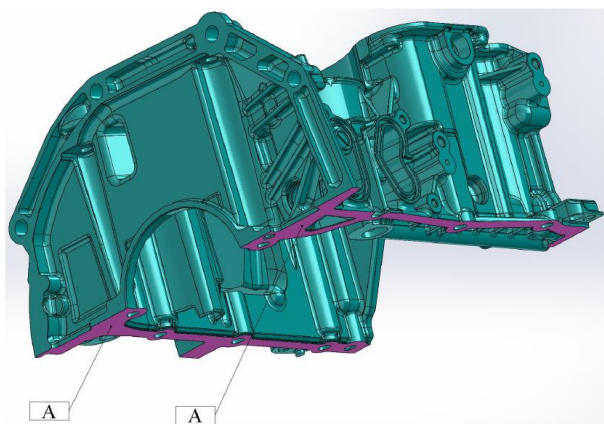
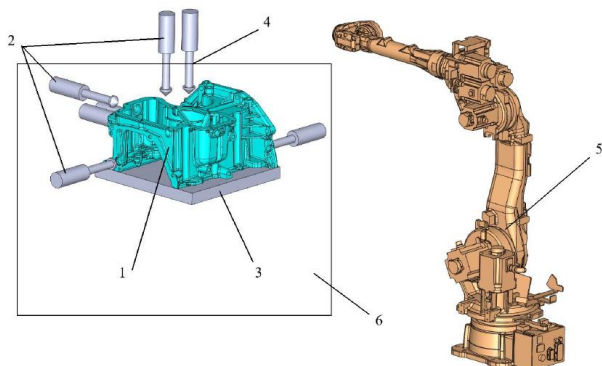


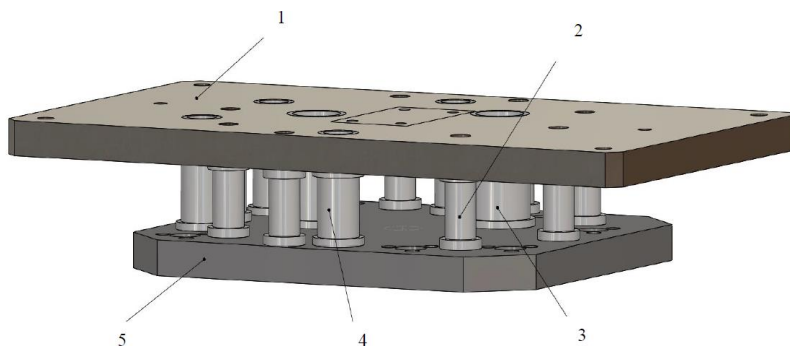
Fig. 11.13 – Poziția optimă a piesei de verificat, în postul de lucru



11.3 Calculul forțelor necesare fixării (bridării) reperului de verificat și dimensionarea subansamblului de bridare

Pentru simularea încărcărilor, deformărilor și aflarea coeficientului de siguranță a reperelor s-a apelat la modulul de analiză cu element finit SolidWorks Simulation al programului CAD SolidWorks.

Fig. 11.26 - Subansamblul prindere subsisteme bridare



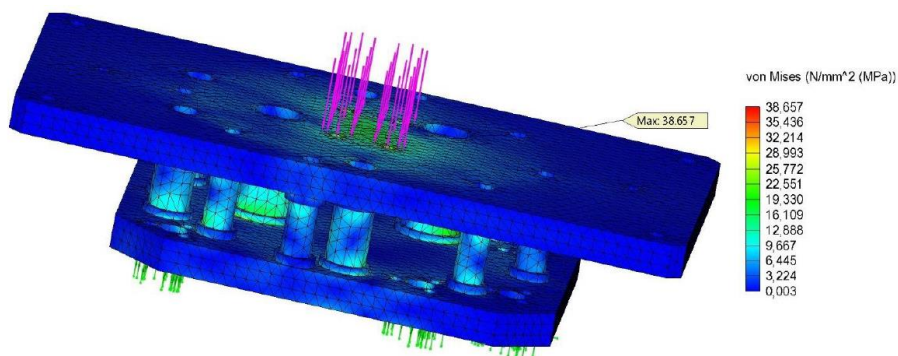
LEGENDĂ:

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| 4. Placă superioară port-joje | 7. Distanțier cu bucsi 1 |
| 5. Distanțier | 8. Placă joje |
| 6. Distanțier cu bucsi 3 | |

Subansamblul prindere subsisteme bridare (Fig. 11.26) are rolul de a fixa într-un cadru rigid aceste subsisteme și de a transfera forța de la cilindrul pneumo-hidraulic la subsistemele în discuție.

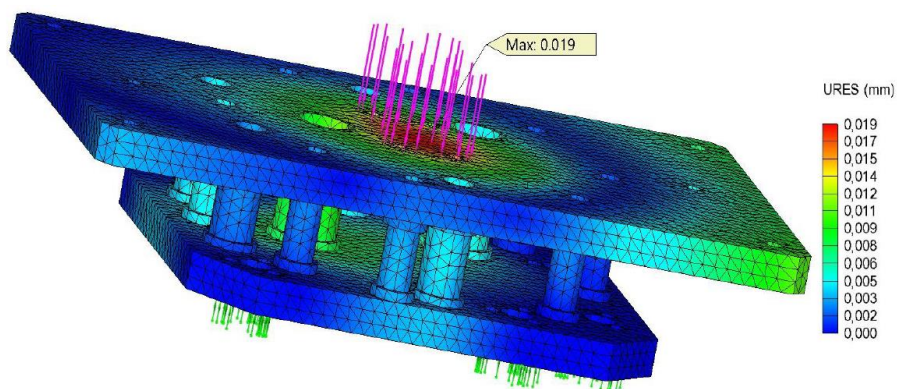
Materialul folosit pentru reperele din componența acestui subansamblu este OL 37 (DIN echivalent 1.0038). Suprafața unde se aplică forța cilindrului pneumo-hidraulic a fost definită cu funcția SPLIT pentru a simula zona reală de acțiune a acestei forțe. Forța aplicată de 18800 este normală la suprafața definită.

Fig. 11.28 - Tensiunile Von Mises în subansamblu prindere subsisteme bridare, la o forță aplicată de 18800 N



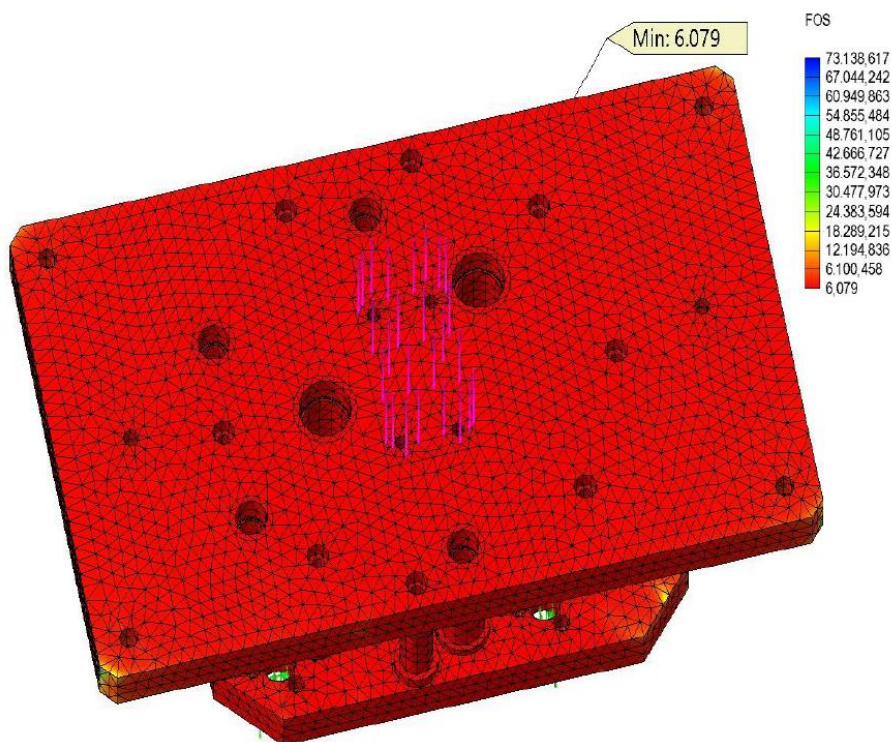
În Fig. 11.28 se observă tensiunile Von Mises, în subansamblu prindere subsisteme bridare, în urma aplicării forței de 18800 N. Se pot observa valorile maximă și minimă a acestor tensiuni precum și zonele unde apar aceste valori. Tensiunea maximă are valoarea rezultată de 38,657 MPa.

Fig. 11.29 - Deplasările în subansamblu prindere subsisteme bridare, la o forță aplicată de 18800 N



Valorile deplasărilor suferite de subansamblu, la aplicarea forței de 18800 sunt evidențiate în Fig. 11.29. Se pot observa valoarea minimă și valoarea maximă ale deplasărilor precum și zonele unde acestea apar. Valoarea maximă a acestora este de 0,019 mm.

Fig. 11.30 - Coeficientul de siguranță al subansamblului prindere subsisteme de
bridare la aplicarea unei forțe de 18800 N



Valorile de minim și maxim ale coeficientului de siguranță precum și zonele unde se găsesc se pot observa în Fig. 11.30.

Valoarea coeficientului de siguranță care trebuie luată în considerare o reprezintă minimul obținut și anume 6,079. Această valoare este mai mare decât 1, rezultând faptul că subansamblul a fost dimensionat corect din punct de vedere al calculelor de rezistență.

11.4 Calculul forțelor necesare bușonării zonelor ce trebuie etanșate

Forțele necesare pentru realizarea bușonărilor se calculează similar cu forța necesară bridării reperului, pornind de la ariile suprafețelor ce trebuie bușonate. Trebuie avut în vedere că circuitul de ulei de joasă presiune se verifică la 1 bar iar circuitul de ulei de înaltă presiune se verifică la 3 bari. În funcție de forțele calculate, se aleg cilindrii de acționare ai subsistemelor de etanșare respective.

Fig. 11.35 - Tensiunile Von Mises în placa de etanșare „Placa bușon 9 M” la o forță aplicată de 5831 N

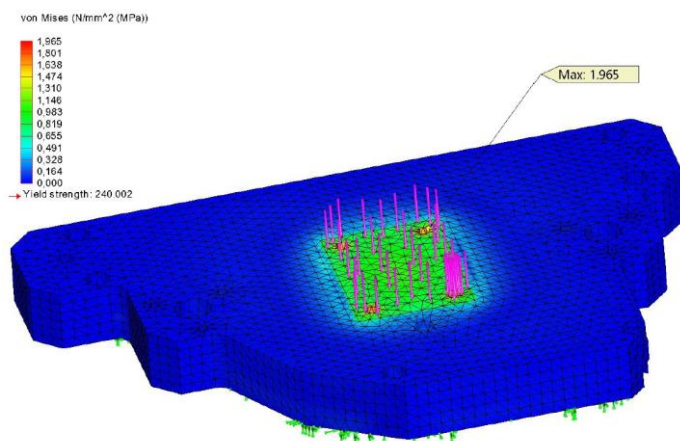


Fig. 11.36 - Deplasările în placa de etanșare „Placa bușon 9M” la o forță aplicată de 5831 N

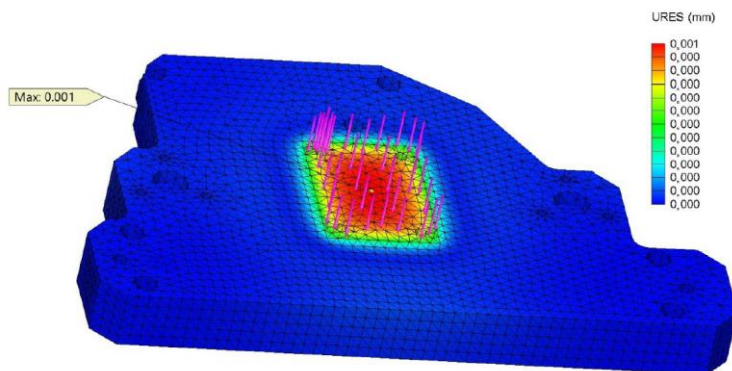
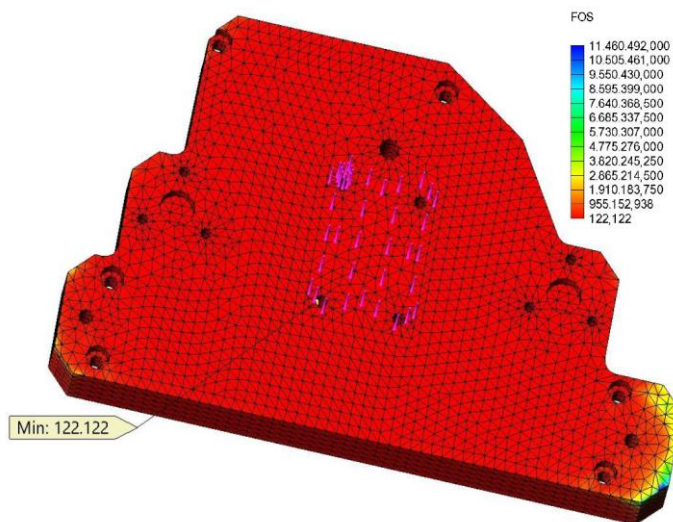


Fig. 11.37 - Coeficientul de siguranță al plăcii de etanșare „Placa bușon 9 M”



După cum se poate observa, valoarea minimă a coeficientului de siguranță, a plăcii de etanșare „Placa bușon 9 M”, 122,122 este mai mare decât

1, fapt ce confirmă dimensionarea corectă a acestui reper, din punct de vedere al calculelor de rezistență.

Fig. 11.41 - Tensiunile Von Mises în placa de etanșare „Placa etanșare 8 M_1” la o forță aplicată de 12272 N

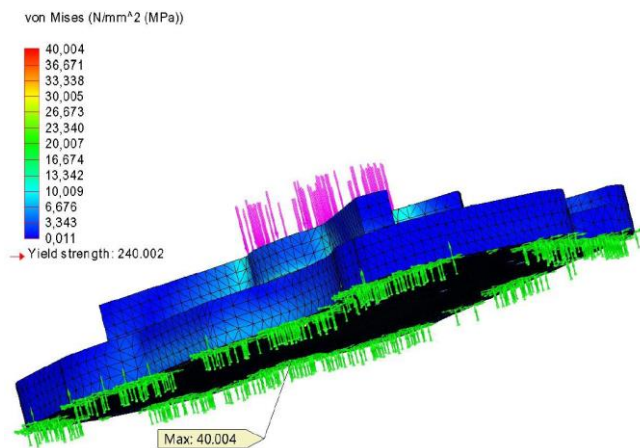


Fig. 11.42 - Deplasările în placa de etanșare „Placa etanșare 8 M_1” la o forță aplicată de 12272 N

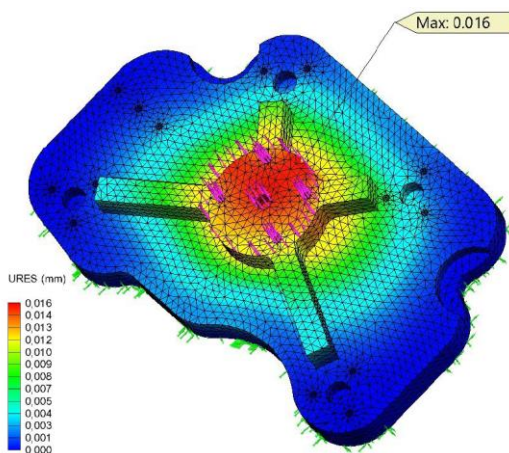
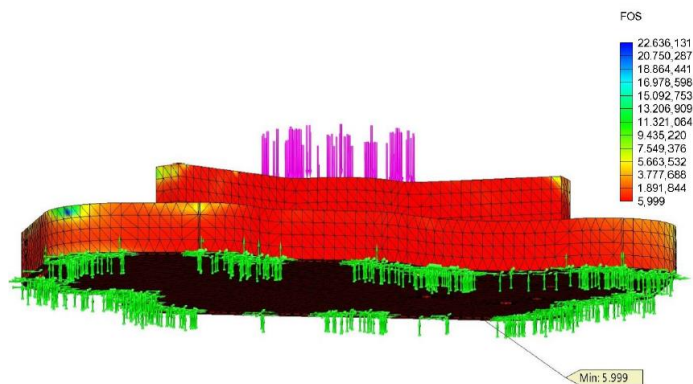


Fig. 11.43 - Coeficientul de siguranță al reperului „Placa etanșare 8 M_1” la o forță de 12272N



După cum se poate observa, valoarea minimă a coeficientului de siguranță, a reperului „Placa bușon 9 M”, 5,999 este mai mare decât 1, fapt ce confirmă dimensionarea corectă a acestuia, din punct de vedere al calculelor de rezistență.

Fig. 12.1 - Schema pneumatică a sistemului cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator (pentru repere auto turnate)



Mișcările ce trebuie realizate de către sistemul cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator, pentru a verifica etanșeitatea pieselor turnate, se împart în două categorii:

- Mișcările de avans. Acestea sunt următoarele:

M1

- Rotație (scoaterea piesei din postul de verificare și intrarea noii piese în postul de verificare)

M2

- (C2+F1) – Subansamblul de bridare
- (C3+F2) – Subansamblul de transport vertical 1
- (C4+F3) – Subansamblul de transport vertical 2
- (C15) – Subansamblul de selectare etanșare (pt. H9R rămâne despachetat se împachetează doar pentru B4T)

M3

- C5, C6, C10, C11, C12, C13, C14, C16 – Subansambluri de etanșare
- C7, C8, C19, C20 – Subansamblul Poka-Yoke

M4

- C17 – Etanșare în funcție de piesă

M5

- C16 – Retras după verdict ATEQ

M6

- C18 – Marcare

- Mișcările de retragere. Acestea sunt următoarele:

M1

- C2

M2

- C3, C4, C11, C12, C15

M3

- C5, C6, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C16, C17, C18

În concluzie, schema pneumatică Fig. 12.1, proiectată în soluție originală, asigură funcționarea pneumatică optimă a sistemului cyber-mixmecatronic dar și etapele mișcărilor sistemului în ciclul automat de funcționare.

Capitolul 13. TESTAREA ȘI VALIDAREA CAPABILITĂȚII SISTEMULUI CYBER-MECATRONIC ULTRA PRECIS DE CONTROL INDUSTRIAL ȘI DE LABORATOR (PENTRU REPERE AUTO TURNATE)

13.1 Testarea și validarea reperului H9R

Primul set de măsurători (Tabel 13.1) a fost efectuat pe o piesă aleasă, denumită piesă etalon, în funcție de cea mai mică valoare a pierderii pe circuitul de joasă presiune.

Parametrii de măsurare pe circuitul de joasă presiune ai sistemului cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator (pentru reperi auto turnate) sunt următorii:

- Timpul de umplere – 15 secunde
- Timpul de stabilizare – 14 secunde
- Timpul de măsurare – 5 secunde
- Pierdere maxim admisă – 25 cm³/min
- Volumul circuitului de joasă presiune – 2400 cm³

Tabel 13.1 - Valori ale pierderilor de aer măsurate în cazul piesei etalon (circuit joasă presiune)

Repet. etalon (etalon de 0).	Măs1	Măs2	Măs3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori YeJ (cm ³ /min)	0,240	0,426	0,426	0,568	0,568	0,232	0,458	0,365	0,327	0,527

În tabelul de mai sus Y_{ej} reprezintă valoarea fiecărei măsurători a pierderii de aer.

Pornind de la valorile Y_{ej} obținute se va determina deviația față de etalon, notată s_o (formula 13.2), după cum urmează:

În formula de mai jos, J_o reprezintă media măsurătorilor.

$$J_o = \frac{\sum Y_{ej}}{10} = 0,414 \frac{cm^3}{min} \quad (13.1)$$

$$s_o = \sqrt{\frac{\sum (Y_{ej} - J_o)^2}{10}} = 0,123 \frac{cm^3}{min} \quad (13.2)$$

Un calibrator de curgere reglat la o valoare cât mai apropiată de valoarea de curgere admisă este cuplat la sistemul pneumo-electronic. Valoarea obținută în urma măsurării etalonului trebuie să fie egală cu suma dintre valoarea curgerii reglate pe calibrator și valoarea pierderii reperului etalon. În această etapă se fac trei seturi de măsurători. Abaterea medie se notează J_e după caz $J-20\%$ (80% din prag), J_c , $J+20\%$ (120% prag) formula fiind:

$$J_e = \frac{\sum e_j}{10} \quad (13.3)$$

Cel de-al doilea set de măsurători Tabel 13.2 a fost realizat utilizând calibratorul reglat la 80% din prag.

Tabel 13.2 - Valori ale pierderilor de aer, măsurate cu ajutorul calibratorului reglat la 80% din valoarea de prag

Justețea (80% din val. de prag)	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} cm^3/min	20,61	19,9	19,9	20,19	20,19	20,19	20,57	20,59	20,69	20,19
Valoare de calibrare V_c cm^3/min	20,3	20,2	20,2	19,9	19,9	19,9	20	20	20	20
e_j cm^3/min	0,310	-0,30	-0,30	0,290	0,290	0,290	0,570	0,590	0,690	0,190

e_j – reprezintă diferența dintre valoarea măsurată Y_{ej} și valoarea de calibrare V_c reglată la 80% din valoarea pierderii maxim admisă și se calculează astfel:

$$e_j = Y_{ej} - V_c \quad (13.4)$$

$$J_{-20\%} = \frac{\sum e_j}{10} = 0,262 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.5)$$

Se reglează calibratorul la o valoare cât mai apropiată de valoarea de prag (25 cm³) iar în urma măsurătorilor se obțin valorile prezentate în Tabel 13.3.

Tabel 13.3 - Valori obținute în urma măsurătorilor realizate cu ajutorul calibratoarelor reglate cât mai aproape de valoarea de prag

Justețea la pragul admis	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} cm ³ /min	25,3	25,3	25,45	25,3	25,45	25,47	25,58	25,49	25,62	25,78
Valoare de calibrare V_c cm ³ /min	25,2	25,2	25,3	25,3	25,4	25,4	25,3	25,3	25,2	25,3
e_j cm ³ /min	0,100	0,100	0,150	0,000	0,050	0,070	0,280	0,190	0,420	0,480

$$J_c = \frac{\sum e_j}{10} = 0,184 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.6)$$

Se reglează calibratorul la valoarea cu 20% peste valoarea de prag (25 cm³) iar în urma măs. realizate se obțin valorile prezentate în Tabel 13.4.

Tabel 13.4 - Valori obținute în urma măsurătorilor realizate cu calibrator reglat la o valoare cu 20% peste valoarea de prag

Justețea (120% din prag)	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} (cm ³ /min)	29,810	29,85	29,85	29,81	29,99	29,87	29,87	29,47	29,69	29,95
Valoare de calibrare V_c (cm ³ /min)	29,9	29,9	30,2	30,2	30,1	30,1	30,0	30,0	30,0	30,1
Diferența e_j (cm ³ /min)	-0,090	-0,050	-0,35	-0,390	-0,110	-0,230	-0,13	-0,530	-0,31	-0,150

În urma măsurătorilor efectuate s-au obținut următoarele valori:

$$J_{+20\%} = \frac{\sum e_j}{10} = -0,234 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.7)$$

$$J = \frac{J_{-20\%} + J_c + J_{+20\%}}{3} = 0,071 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.8)$$

Deviația totală a e_j este s_j a cărei formulă este:

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum (e_j - J)^2}{J}} = 0,316 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.9)$$

Eroarea de justete este:

$$I_j = |J| + 2 * s_j = 0,703 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.10)$$

În Tabel 13.5 sunt prezentate valorile măsurătorilor realizate pe un lot de cinci repere, fiecare dintre acestea fiind măsurate de câte cinci ori.

Tabel 13.5 - Valori ale măsurătorilor realizate pe un lot de cinci repere

Repetabilitate serie piese					
	<i>piesa 1</i>	<i>piesa 2</i>	<i>piesa 3</i>	<i>piesa 4</i>	<i>piesa 5</i>
	Y1j	Y2j	Y3j	Y4j	Y5j
Yi1 (cm³/min)	1,71	1,42	2,88	0,284	0,289
Yi2 (cm³/min)	1,74	0,852	1,44	0,426	0,567
Yi3 (cm³/min)	1,74	0,71	1,76	0,569	0,328
Yi4 (cm³/min)	0,74	0,857	0,85	0,232	0,331
Yi5 (cm³/min)	1,71	0,964	1,88	0,345	0,548
Abaterea medie per piesă J_i	1,528	0,961	1,762	0,371	0,413

Abaterea globală de la repetabilitate, notată s_r , se obține cu ajutorul formulei următoare:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum s_{ri}^2}{5}} = 0,413 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.11)$$

În formula anterioară sri reprezintă abaterea la repetabilitatea măsurării pe piesă.

$$s_{ri} = \frac{\Sigma(y_{ij}-J_i)^2}{4} = 0,441 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.12)$$

Incertitudinea globală este notată cu I_g și este calculată după formula următoare:

$$I_g = |J| + 2 * \sqrt{(s_j^2 + s_r^2)} = 1,111 \quad (13.13)$$

Concluzii în urma măsurătorilor realizate pe circuitul de joasă presiune:

- Deviația față de etalon $s_o = 0,123 < IT/20 = 1,25$. Rezultatul obținut este conform normelor impuse.
- Media măsurătorilor $J_o = 0,414 < IT/5 = 5$. Rezultatul obținut este conform normelor impuse.
- Incertitudinea globală $I_g = 1,111 < IT/6 = 4.17$. Rezultatul obținut este conform normelor impuse.
- Capabilitatea pe circuitul de joasă presiune al sistemului cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator (pentru repere auto turnate) este $CMC = IT/2 \quad I_g = 11,25 > 3$. Rezultatul obținut este conform normelor impuse.

În mod similar se va proceda și cu circuitul de înaltă presiune al reperului H9R și cu circuitele de joasă respectiv înaltă presiune ale reperului B4T.

În urma măsurătorilor realizate rezultatele obținute sunt conform normelor beneficiarului și atestă validarea capabilității produsului, drept urmare acesta poate fi implementat în linia de fabricație.

Capitolul 14. CONTRIBUȚII

Prin proiectarea și realizarea sistemului cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator (pentru repere auto turnate) s-a reușit, pe plan național, realizarea unui produs, care să respecte cerințele marilor producători de componente auto, la un nivel competitiv cu produsele realizate de firme consacrate internațional.

Rezultatele ce sunt prezentate în cadrul acestei teze constituie într-o majoritate covârșitoare contribuții originale ale autorului, confirmate prin prezența în cadrul unor publicații științifice, acestea fiind prezentate la conferințe științifice, constituind obiectul unor cereri de brevet de invenție și nu în ultimul rând prin intermediul sistemului cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator (pentru repere auto turnate) realizat fizic.

Contribuțiile aduse de cercetările prezentate în cadrul acestei lucrări, au făcut posibilă realizarea unui produs cyber-mecatronic ultra precis de control industrial la un preț redus față de competitori la o calitate echivalentă.

S-a reușit reducerea timpului de ciclu printr-un artificiu tehnic, prezentat mai jos, ce a constat în modul în care s-a făcut verificarea și controlul reperului semelă.

Fiecare circuit de presiune (de joasă presiune sau de înaltă presiune) trebuie verificat și controlat separat datorită riscului ca pereții comuni să prezinte fisuri sau defecte, fapt ce ar putea produce comunicarea între cele două circuite de presiune. Soluția adoptată permite în același timp, verificarea și controlul separat, precum și reducerea timpului de ciclu la o valoare puțin mai mare decât în situația de verificare a unui singur circuit.

Fig. 14.1 - Umplerea circuitelor de presiune



Fig. 14.2 - Stabilizarea circuitelor de presiune



După cum se vede în Fig. 14.1, după etanșarea completă a reperului, sunt umplute ambele circuite de presiune. Timpul de umplere pentru circuitul de înaltă presiune este de 9 secunde iar pentru cel de joasă presiune este de 15 secunde

Următoarea etapă (Fig. 14.2) este stabilizarea presiunii în circuitelor de joasă și de înaltă presiune. Timpul de stabilizare pentru ambele circuite este de 14 secunde dar circuitul de înaltă presiune are un avans de 6 secunde datorită timpului de umplere mai mic.

Fig. 14.3 - Test înaltă presiune/Stabilizare joasă presiune



Avansul de 6 secunde al circuitului de înaltă presiune permite realizarea verificării și controlului acestui circuit în timp ce circuitul de joasă presiune este în etapa de stabilizare (Fig. 14.3).

După testarea circuitului de înaltă presiune (5 secunde), se deschide un alezaj al acestui circuit și începe testarea circuitului de joasă presiune.

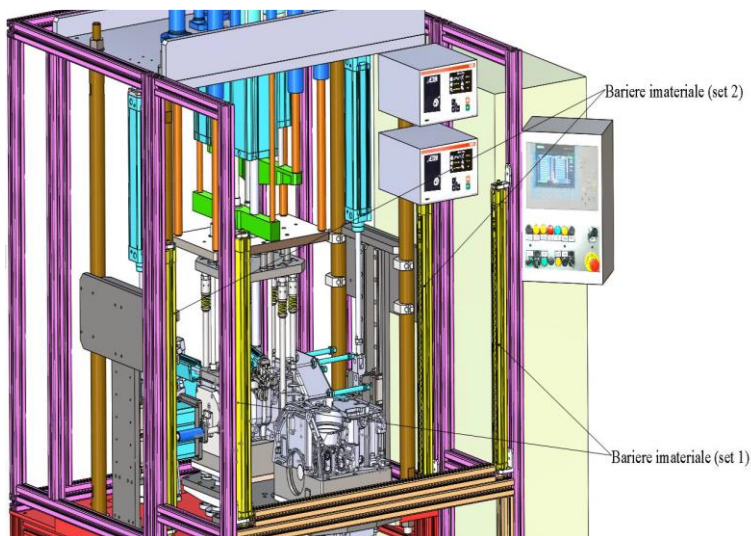
În cazul în care se făcea verificarea și controlul circuitelor în serie rezulta un timp total de aproximativ 62 secunde (timpul alocat celulelor pneumo-electronice).

În situația descrisă mai sus (și aplicată în sistemul cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator pentru repere auto turnate) timpul total alocat celulelor pneumo-electronice este de 34 secunde.

Pentru îmbunătățirea securității muncii s-au folosit două seturi de bariere imateriale (vezi Fig. 14.4).

Primul set de bariere imateriale asigură protecția în momentul în care piesa din postul de măsurare este adusă în postul de încărcare/descărcare. În această etapă, al doilea set de bariere imateriale este inactiv. Când reperul este în faza de verificare și control, al doilea set este activ, iar primul set este inactiv permițând încărcarea unei noi piese.

Fig. 14.4 - Bariere imateriale



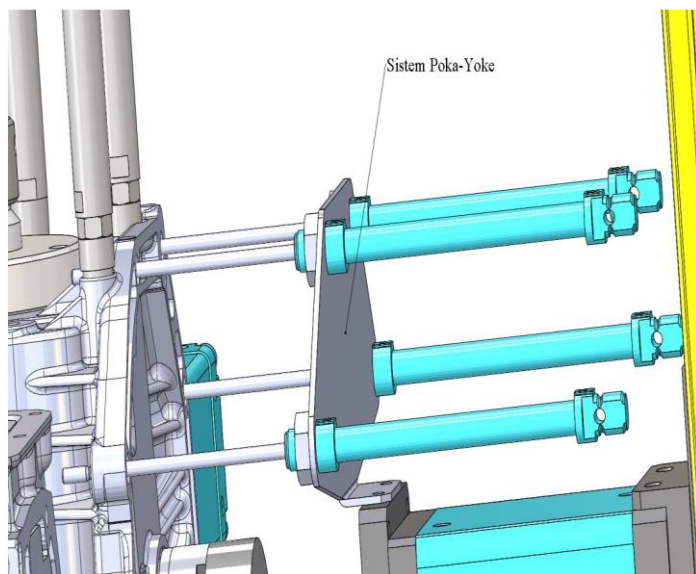
O altă inovație adusă acestor sisteme cyber-mecatronice, o reprezintă introducerea unor subsisteme de verificare a anumitor prelucrări ale reperelor controlate.

Scopul poka-yoke este acela de a elimina defectele unui produs prin prevenirea sau corectarea greșelilor cât mai curând posibil. Acesta este utilizat cel mai frecvent în mediile de fabricație.

Un exemplu de sistem „Poka-Yoke” îl reprezintă cel din Fig. 14.5 destinat verificării prezenței anumitor alezaje, pe reperi de controlat.

Prin implementarea acestui subsistem s-a reușit eliminarea unor dispozitive care verificau prezența acestor alezaje, obținându-se astfel o diminuare a duratei de fabricație.

Fig. 14.5 - Sistem Poka-Yoke



Capitolul 15. CONCLUZII ȘI DIRECȚII NOI DE CERCETARE

15.1 Concluzii

1. Tendința dominantă în mediul industrial este reprezentată de cererea tot mai mare de sisteme și componente de măsură care să permită reducerea procentului de rebuturi și a pierderilor, datorate cerințelor specifice ale pieței, cum ar fi: criterii economice, specificații de protecție a mediului, constrângerile privind siguranța în muncă și cele legate de creșterea calității produselor.

2. Rezultatul final din punct de vedere al asigurării calității reperelor (auto) este reprezentat de metodele/sistemele de asigurare a calității, de înaltă precizie destinate testării etanșeității pieselor turnate.

3. Cercetătorii, tehnicienii, oamenii de știință, producătorii etc, care lucrează cu elemente ermetic închise, vacuum sau chiar și cu garnituri, trebuie să se familiarizeze cu măsurătorile și locația uzuală a scăpărilor de fluid.

Obs. Remarcabil însă este faptul că acest domeniu tehnic de control al etanșeităților cu sisteme mecatronice, este aproape necunoscut chiar și în cadrul organizațiilor de proiectare și inginerie.

4. Au fost selectate și prezentate pe scurt unele dintre tehnicile cele mai frecvent utilizate în ceea ce privește detecția pierderilor de presiune, fără vreo referire la o industrie anume (ex. auto) ci doar la general.

5. Fiecare metodă de control/testare/verificare are avantaje și dezavantaje, iar alegerea celei potrivite reprezintă un compromis între metodă și cerințele de producție.

6. Pentru alegerea metodei de control/testare/verificare care va fi folosită, este necesar să se ia în considerare cu precizie toate limitele admise de scăpare și toți ceilalți factori, nu numai cerințele tehnologice, ci și evoluția reglementărilor standardizate din acest domeniu și noile cerințe ale pieței.

Acest studiu, a făcut posibilă realizarea unui produs (sistem cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator pentru repere auto turnate) românesc la standarde internaționale, ce a fost implementat pe linia de fabricație (S.C. Automobile Renault-Dacia, Pitești) așa cum se prezintă finalizarea produsului cyber-mixmecatronic (vezi Fig. 15.1).

Fig. 15.1 - Sistem cyber-mecatronic ultra precis de control industrial și de laborator pentru repere auto turnate (implementat în linia de fabricație)



Experiența acumulată an de an în domeniul sistemelor mecatronice de măsurare și control a permis realizarea de sisteme performante, cu o durată de

proiectare și execuție reduse, având o contribuție deosebită în ceea ce privește creșterea calității și fiabilității produsului final.

Lucrarea de față facilitează implementarea cu succes, pe linia de fabricație, a sistemelor tehnologice avansate, condiție necesară creșterii productivității și calității produselor finale.

15.2 Noi direcții de cercetare din domeniul tezei de doctorat

a) Dezvoltarea de noi metode și principii de măsurare a etanșeității pieselor turnate din domeniul auto și alte domenii industriale (ex: piesă turnată, bazată și etanșată, sub un clopot și introducerea unei suprapresiunii în interiorul clopotului pentru pătrunderea acesteia prin pereții externi ai piesei în cavitatea piesei, etc);

b) Dezvoltarea de produse cyber-mixmecatronice pentru telemăsurarea și telecontrolul etanșeității pieselor turnate din industria automobilului și a altor industrii (cu telemonitorizare);

c) Dezvoltarea de platforme tehnologice cyber-mixmecatronice de sisteme inteligente pentru măsurare și control electronic pentru piese industriale complexe din industria automobilului destinate industriei 4.0;

d) Dezvoltarea de rețele tehnologice mecatronice de sisteme inteligente pentru măsurarea și controlul integrat pentru piese industriale din diferite industrii digitalizate.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
UNIVERSITATEA „VALAHIA” din TARGOVISTE
IOSUD – ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL FUNDAMENTAL: ȘTIINȚE INGINEREȘTI
DOMENIUL: *INGINERIE MECANICĂ*

SUMMARY OF THESIS

**RESEARCH AND STUDIES REGARDING THE DEVELOPMENT OF
ULTRA-PRECISE CYBER-MECHATRONIC SYSTEMS FOR
INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL (FOR CAST
COMPONENTS FROM THE AUTOMOTIVE INDUSTRY)**

**CONDUCĂTOR DE DOCTORAT,
Prof. Univ. Dr. Ing. Cornel MARIN**

**DOCTORAND,
Ing. Sorin Ionuț BADEA**

**TÂRGOVIȘTE
2023**

CONTENTS

Chapter 1.	THE PURPOSE OF PhD THESIS.....	1
Chapter 2.	GENERAL CONSIDERATIONS	2
Chapter 3.	(EXAMPLES OF) ACHIEVEMENTS OF MECHATRONIC SYSTEMS FOLLOWING COLLABORATION BETWEEN MANUFACTURERS AND RESEARCHERS IN THE FIELD OF CAST PARTS VERIFICATION.....	3
Chapter 4.	CONCEPTS, METHODS AND TECHNIQUES OF MEASURING, VERIFYING AND INSPECTION OF CAST/MACHINED PARTS IN THE AUTOMOTIVE FIELD, USED DOMESTICLY AND INTERNATIONALLY	5
Chapter 5.	INTRODUCTION TO THE FIELD OF THESIS.....	7
Chapter 6.	CONCEPTS AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS USED FOR THE DEVELOPMENT OF THE VIRTUAL MODEL AND THE FUNCTIONAL MODEL OF A CYBER-MIXMECATRONIC SYSTEM FOR VERIFYING THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS	9
6.1.	Requirements to be met when checking the tightness of machined/non-machined cast parts	10
6.2.	The stages of the verification and control flow, of cast, machined/unmachined parts, which must be taken into account when developing the virtual model in the concept phase.....	11
6.3.	Concept and virtual model solution	17
6.4.	Concept and functional model solution	18
Chapter 7.	CONCEPTS AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS USED FOR THE MAKING OF THE EXPERIMENTAL MODEL OF A CYBER-MIXMECATRONIC SYSTEM FOR VERIFYING THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS	20
7.1.	Schematic diagram of a mechatronic verification and control system.....	20
7.2.	General concept of the automation architecture of a mechatronic system for checking and controlling the tightness of a cast, machined/non-machined part	21

7.3. Concept of mechatronic and cyber-mixmechatronic system	22
Chapter 8. VERIFYING THE CAPABILITY OF THE CHECKING AND CONTROL MECHATRONIC SYSTEM OF THE SEALING OF MACHINED/NON-MACHINED CAST PARTS.....	23
Chapter 9. OVERVIEW OF ULTRA PRECISE CYBER-MECATRONIC SYSTEM USED FOR INDUSTRIAL CONTROL OF CASTING PARTS FROM AUTOMOTIVE INDUSTRY.....	24
9.1. The components of the ultra-precise cyber-mechatronic system, used in industrial pentru control of casting parts from automotive industry.....	24
9.2. Description of the semelle part, the tightness of which will be checked and controlled with the cyber-mechatronic, ultra-precise, industrial control system	25
9.2.1 The pressure circuits of the semelle.....	26
9.2.2 Sealing areas of the circuits of the semelle to be checked ...	28
Chapter 10. THE REQUIREMENTS OF A SPECIFICATION WHICH IS THE BASIS OF THE DESIGN OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR VERIFICATION AND CONTROL OF THE SEALING OF MOLDED PARTS	34
Chapter 11. THE DESIGNING OF CHECKING AND CONTROL MECHATRONIC SYSTEM OF THE SEMELLE SEALING (TWO VARIETIES WITH TWO TYPES EACH).....	35
Fig. 11.1 - Highlighting the lack of bore machining for the dipstick guide	35
11.1. Determinarea suprafeței de așezare a piesei, precum și a poziției acesteia în postul de lucru, în cadrul sistemului mecatronic de verificare și control al etanșeității.....	38
11.2. Calculation of the forces required to fix (clamp) the item to be checked and dimensioning of the clamping subassembly	40
11.3. Calculation of the forces required sealing the areas that need to be sealed.	43

Chapter 12. PNEUMATIC DIAGRAM AND THE STAGES OF PERFORMING THE MOVEMENTS NECESSARY TO VERIFY THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS, WITH THE HELP OF THE ULTRA PRECISE CYBER-MECATRONIC SYSTEM OF INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL	47
Chapter 13. TESTING AND VALIDATION OF CYBER-MECATRONIC ULTRA PRECISE INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL SYSTEM CAPABILITY (FOR AUTO CAST PARTS FROM AUTOMOTIVE INDUSTRY).....	49
13.1. Testing and validation H9R part.....	49
Chapter 14. CONTRIBUTIONS.....	54
Chapter 15. CONCLUSIONS AND NEW RESEARCH DIRECTIONS	59
15.1. Conclusions.....	59
15.2. New research directions in the field of doctoral thesis.....	61

Chapter 1. THE PURPOSE OF PhD THESIS

Currently, there are many methods and devices/tools used to check tightness, among which the most used are immersion tests, compressed air tests or those using colored liquids. Although widely used, these methods are generally expensive and time-consuming and susceptible to human error. Therefore, it is necessary to identify the most effective test methods and develop precise mechatronic systems that can provide an automated, efficient and accurate solution for the tightness verification of these castings.

This PhD thesis will begin by reviewing the literature on existing technologies and methods for leak testing, with a focus on mechatronic systems and specific applications in the automotive industry. Current practical challenges and needs will be identified and existing approaches to control and verification of tightness in production will be explored. This analysis will serve as the basis for the development of a mechatronic system to be implemented and evaluated within the thesis.

A crucial aspect of the thesis will be the actual design and development of the proposed mechatronic system for checking the tightness of cast parts in the automotive industry. It will involve the design of specific mechanical, electronic and software components to ensure very high performance and accuracy in the verification process. It will also explore the ways in which these mechatronic systems can be integrated into existing production processes.

Chapter 2. GENERAL CONSIDERATIONS

Given the speed of technology development, in general, in order to be able to keep up with product quality requirements and the need to quickly put different products on the market, the manufacturing industry has developed and imposed a new concept of automation, called MECATRONICS. It basically represents a harmonization of mechanical, electronic and IT sub-assemblies, in order to obtain a higher level of automation, so necessary in a production flow.

Among the most important benefits of implementing the mechatronics concept are:

- Obtaining of time savings / reduction of production times
- Increase in production
- Reduction of manufacturing costs
- Streamlining the production flow
- The positive impact on the quality of the final product
- Increasing the efficiency of various systems and installations,

present on the production flow, by means of integrated electronic control systems.

Chapter 3. (EXAMPLES OF) ACHIEVEMENTS OF MECHATRONIC SYSTEMS FOLLOWING COLLABORATION BETWEEN MANUFACTURERS AND RESEARCHERS IN THE FIELD OF CAST PARTS VERIFICATION

Testing the various components of a car and among them, in particular the cast parts with large dimensions, such as the engine block, is a difficult operation, as they are difficult to handle, position and often have burrs and irregular surfaces, difficult to seal.

Sealing is also a challenge due to the surface shape associated with the castings (Fig. 2.1)

Fig. 2.1 – The shape of the molded surfaces

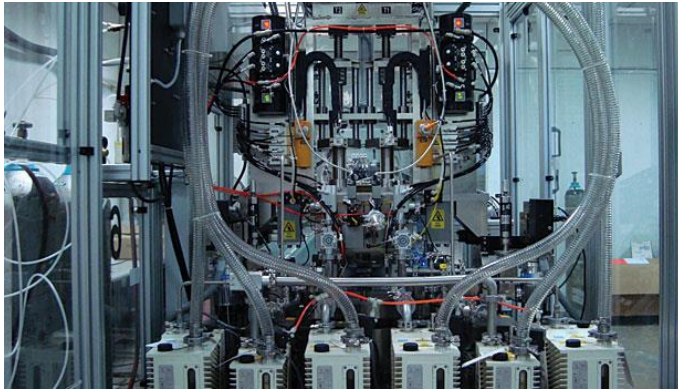


The classic systems detect the leaks of the various tested components, in the final stage of the production flow, when the assembly of which they are a part is made. The mechatronic systems are equipped with fixing and mounting subassemblies and helium leak detectors supplied by Inficon. This

allows leak detection to occur most of the time immediately after the parts have been cast, reducing production cost by eliminating defective parts before the assembly phase.

Mechatronic systems (see Fig. 2.2) of verification use specific fastening and automation assemblies.

Fig. 2.2 - Mechatronic system for leakage (sealing) testing of cast parts



Internally, the National Research and Development Institute for Mechatronics and Measurement Techniques (INCDMTM) stands out as an important developer and manufacturer of mechatronic systems for checking car parts. With over three decades of experience, INCDMTM has managed to develop and produce mechatronic measurement and control systems with the Renault-Dacia factory in Mioveni as its main beneficiary.

Following the collaboration with Renault INCDMTM developed and implemented a series of complex mechatronic systems dedicated to the measurement/verification of various car components, such as: cylinder head cover, engine block, etc.

Chapter 4. CONCEPTS, METHODS AND TECHNIQUES OF MEASURING, VERIFYING AND INSPECTION OF CAST/MACHINED PARTS IN THE AUTOMOTIVE FIELD, USED DOMESTICLY AND INTERNATIONALLY

One of the most reliable methods of detecting defects is that of checking the sealing of the part by the micro-leakage method. The procedure consists in the fact that the eventual defect is checked under conditions similar to the function of the reference and involves the introduction of pressurized air into the active cavity (or cavities) of the part in question, at a value equal to that of the working pressure of the tested reference. This check is carried out using a special installation that seals the entire part and creates a closed cavity. The installation introduces a certain volume of air under pressure and measures the loss of air in a very short time.

Methods of testing the tightness of castings

The method of checking the tightness of cast parts with the help of gas/air bubbles in the liquid involves placing the part, which was initially sealed with gaskets and plugs, into a basin or tank of water and observing the appearance of bubbles.

The method of checking the tightness of cast parts, with the help of the gas pressure drop consists in pressurizing the assembly formed by the reference point to be checked and its sealing system, with the help of a gas, followed by the isolation of the vessel from the gas supply and then, after a

period of stabilization, the verification of the pressure difference occurring in relation to the phase is carried out stabilization.

The method of checking the tightness of cast parts, using vacuum/increasing gas pressure involves reducing the pressure in the system to low levels and, after stabilizing the pressure, measuring the increase in pressure caused by the external pressure exerted on the element under verification.

Tracer gas leak testing method actually describes a group of verification methods based on detecting and measuring the amount of a gas, called a "tracer", that escapes through a crack.

Because of their characteristics, the first three techniques can be used exclusively for the detection of massive fluid losses.

The tracer gas test method offers much higher accuracy, but in many situations its use is not justified because its theoretical sensitivity exceeds the specific needs.

Chapter 5. INTRODUCTION TO THE FIELD OF THESIS

Depending on the nature of the performance and organization of technical quality control activities, the following categories can be identified:

c. Technical quality control can be carried out in various ways, depending on the method applied, namely:

- manual control - this involves the direct and full participation of the human operator;
- mechanized control - this involves the partial human operator intervention;
- automatic control - this is a type of control that excludes the intervention of the human operator, except in situations where it is necessary to remedy the detected malfunction;
- intelligent control – is based on the use of intelligent technologies and algorithms, such as artificial intelligence.

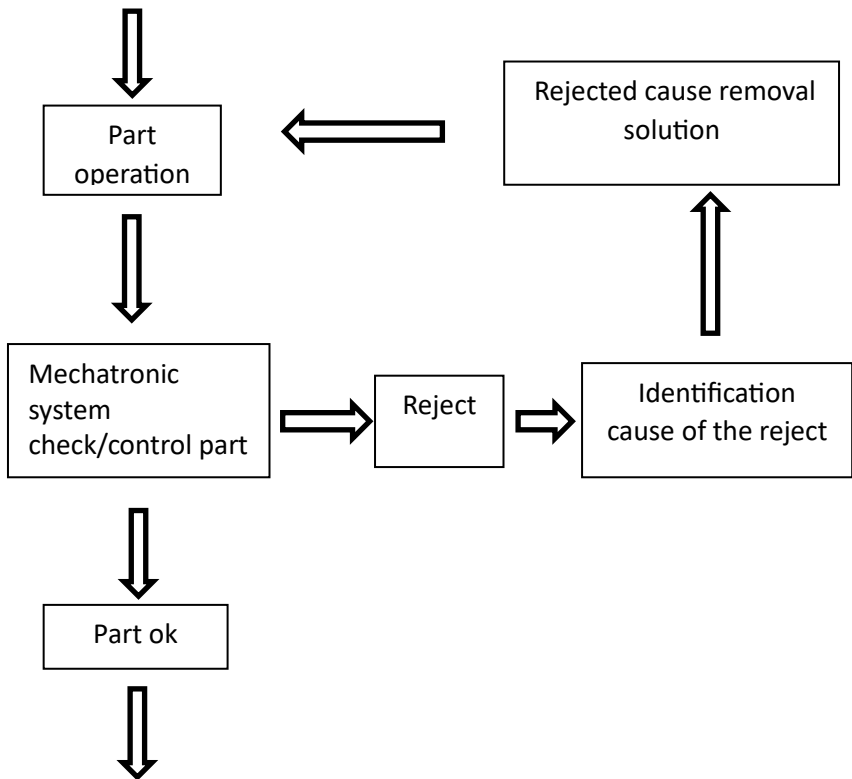
d. Depending on the type of technical quality control, it can be:

- passive control - it allows ascertaining the quality of the controlled product;
- active control - it is performed using complex mechatronic installations. In this scenario, based on the control results, the facility is able to issue commands to maintain the quality within the required limits.

Fig. 5.1 describes the route followed by the parts during a verification operation carried out with the help of a complex mechatronic system,

highlighting the feed-back loop, which will later allow the determination of the causes of the appearance of defects.

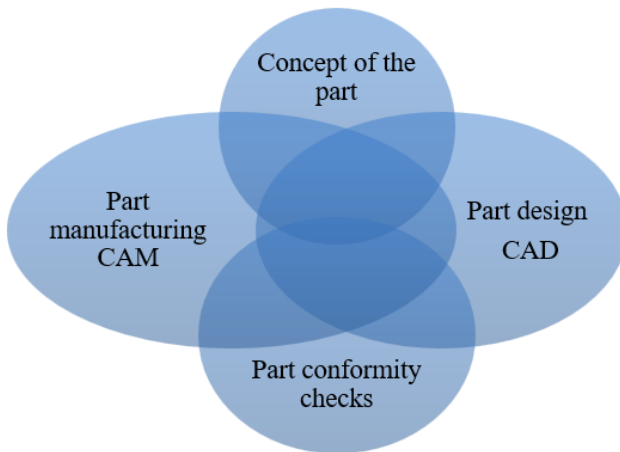
Fig. 5.1 - Verification and control using complex mechatronic systems



Chapter 6. CONCEPTS AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS USED FOR THE DEVELOPMENT OF THE VIRTUAL MODEL AND THE FUNCTIONAL MODEL OF A CYBER-MIXMECATRONIC SYSTEM FOR VERIFYING THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS

The making of the virtual model must take into account both the requirements of the beneficiary and the limitations of the manufacturing processes. Thanks to the collaboration between the CAD/CAM systems, the risk of reaching impossible milestones in the manufacturing process is eliminated.

Fig. 6.1 - The relationship between the manufacturing stages of a part
from conception to finished product



6.1.Requirements to be met when checking the tightness of machined/non-machined cast parts

Inspection and tightness control of cast parts and parts resulting from the processing of cast parts must meet several requirements:

- high precision (according to international standards);
- shortest cycle time;
- easy to use;
- lowest price/check;

After analyzing the methods of checking the tightness of cast and machined parts, it was found that the most suitable methods of checking and control are:

- air pressure reduction method;
- vacuum/increasing air pressure method.

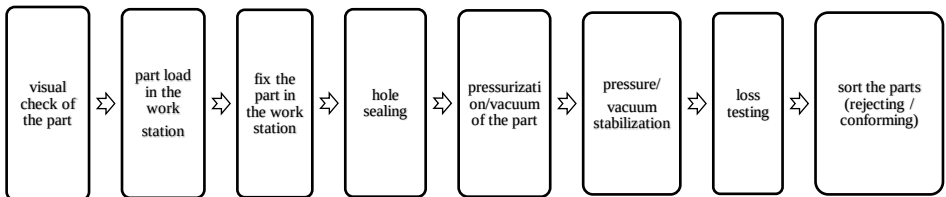
Among the advantages of these two methods we mention:

- it does not require the use of a special fluid to highlight possible defects, but air is used for this purpose;
- high precision - although it has a lower verification and control precision than that of the tracer gas method, it complies with the requirements for checking the tightness of the parts;
- short time for verification and control;

6.2. The stages of the verification and control flow, of cast, machined/unmachined parts, which must be taken into account when developing the virtual model in the concept phase

Fig. 6.2 shows the flow for checking and controlling cast/worked (machined) parts.

Fig. 6.2 – The flow for inspection and control of cast/machined parts (in factory)



The operating principles of the system for checking the tightness of cast/machined parts

Measurement systems, in general, are based on three measurement principles, namely:

- direct measurement;
- indirect measurement;
- measurement in "sealed components" (or under the bell).

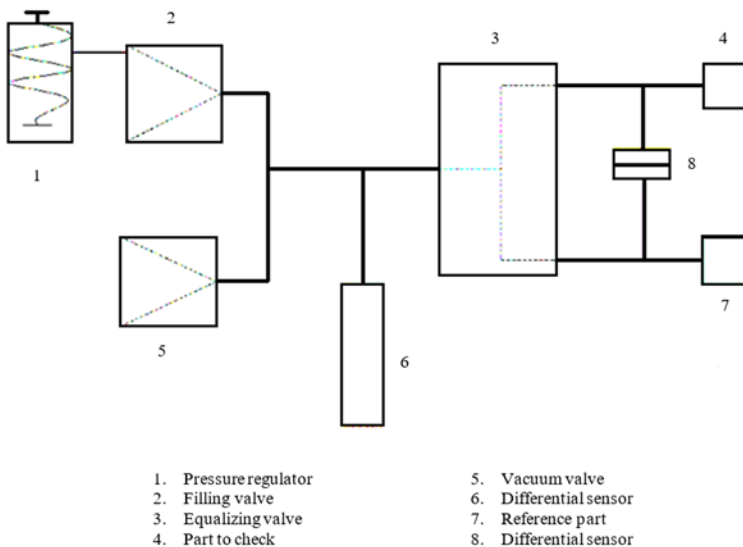
These three principles apply equally well to both high and low pressure measurement.

Each of these types of measurements can be made either by comparing the part to be measured with a standard part, called a reference, or without using this reference, but in relation to a central zero.

- measurement with reference;
- measurement without reference;
- measurement with central zero.

Direct measurement or measurement by pressure drop (Fig. 6.11)

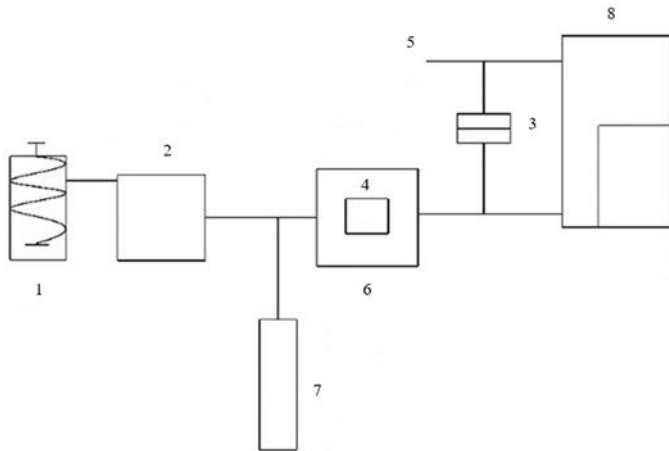
Fig. 6.11 - Direct measurement or measurement by pressure drop



After filling the part to be measured and the reference part with the verification pressure, the device will measure the pressure difference between the two volumes, isolated from each other by means of an equalizing valve. At the end of the cycle, the machine will empty the system components via the vacuum valve.

Indirect measurement or measurement by pressure increase

Fig. 6.12 - Indirect measurement or measurement by pressure increase

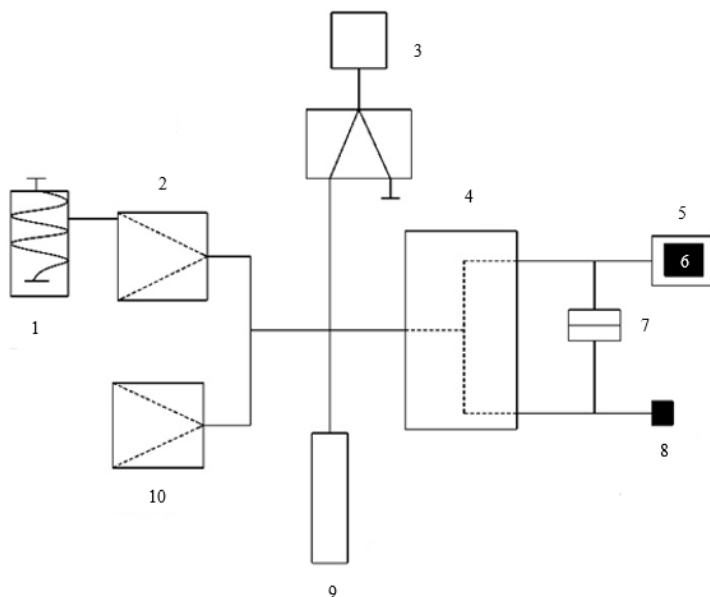


- | | |
|-----------------------|-------------------------------|
| 1. Pressure regulator | 5. P _{atm} |
| 2. Filling valve | 6. Sealing bell |
| 3. Sensor | 7. Electronic pressure switch |
| 4. Part to check | 8. Equalizing valve |

In the case of indirect measurement, the part to be measured is placed under a sealing bell, the device being pneumatically connected to it (Fig. 6.12). Due to this configuration, the part to be checked is under the pressure of external factors (up to 200 bar) and the sealing bell is connected to low pressure or vacuum system. If the part shows leaks/air leaks, the pressure in the sealing bell increases. This method allows checking under high pressure, different parts, avoiding constraints. The device only controls and measures the pressure in the bell.

Measurement "sealed components" (or under the bell) Fig. 6.13

Fig. 6.13 – Measurement in sealed components

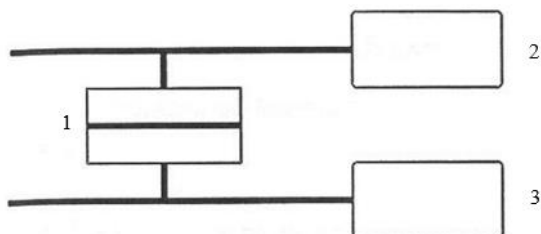


- | | |
|-------------------------------|------------------------|
| 1. Pressure regulator | 6. Part to check |
| 2. Filling valve | 7. Differential sensor |
| 3. Electronic pressure switch | 8. Reference part plug |
| 4. Equalizing valve | 9. Internal volume |
| 5. Bell | 10. Vacuum valve |

This verification method is intended for hermetic parts, which cannot be filled with air. In this type of measurement, the device performs a "sealed components" type cycle that allows the detection of large leaks. When a bell is used without the sealed components working, and if the part has a large air leak, these two parts will be filled during the filling phase. The loss will not be reported.

Measurement with reference

Fig. 6.14 – Measurement with reference



LEGENDĂ:

- 1. Sensor
- 2. Part to check
- 3. Reference part

This method involves measuring the pressure difference between a part to be measured and a standard part, called a reference (Fig. 6.14). The ideal measurement conditions are:

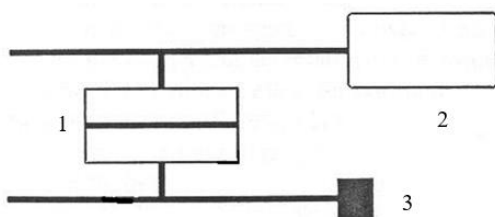
- the reference part is identical from a constructive point of view with the part to be measured;
- the pneumatic connections of the two parts are identical from a constructive point of view.

Measuring with a reference piece is faster because the pressure equalization is done very quickly. This is only valid for non-deformable parts (which quickly recover their mechanical and thermal properties after shocks).

Measurement without reference (Fig. 6.15)

This method is less used because of the problems with the calibration of the mechatronic measuring system.

Fig. 6.15 –Measurement without reference

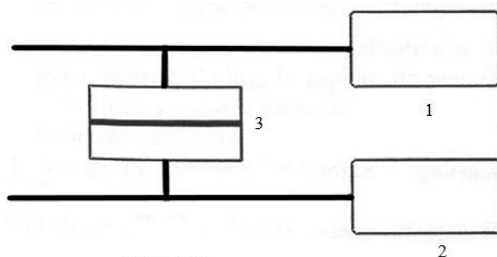


LEGENDĂ:

- 1. Sensor
- 2. Part to check
- 3. Plug

Measurement with central zero

Fig. 6.16 – Measurement with central zero



LEGENDĂ:

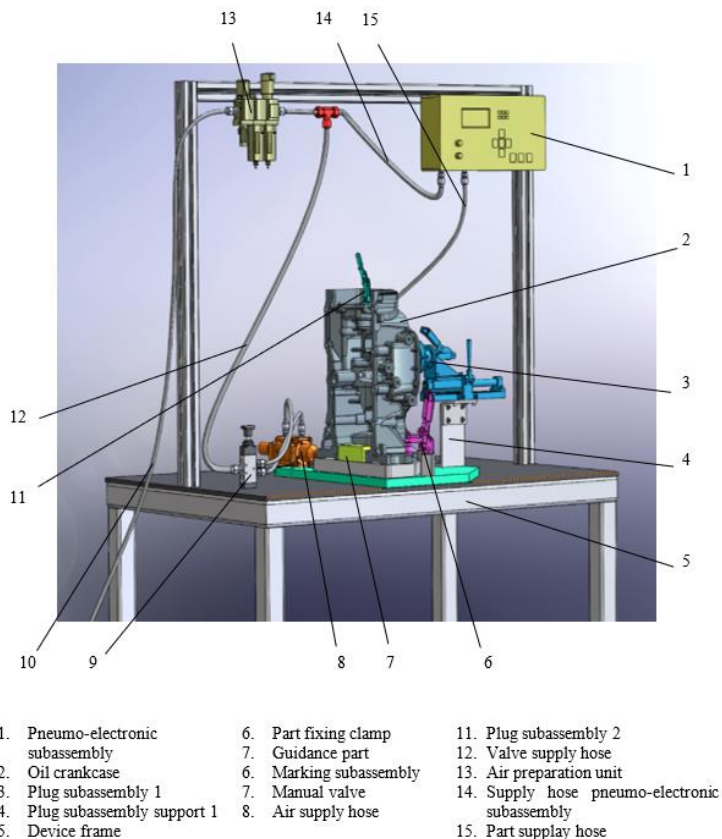
- 1. Part to check
- 2. Part to check
- 3. Sensor

This measurement/verification method is only usable when the number of rejected parts is very small (below 1%), since in this situation the probability of having two defective parts at the same time is very small. This method is also used for deformable parts and parts that need to be checked at a constant temperature different from the ambient temperature. The method in question involves measuring/testing two parts at the same time. In this situation, one of the parts is connected to the verification part and the second part is connected to the reference part of the mechatronic measuring system (Fig. 6.16). The differential sensor measures the pressure difference of one part relative to the second. Checking / measuring with central zero thus allows a considerable shortening of the measuring time, since the two parts are checked at the same time.

6.3. Concept and virtual model solution

Fig. 6.18 shows the virtual model of a constructive variant, of a mechatronic system for checking and controlling the tightness of the oil sump part. The oil sump part is made of AlSi9Cu3(Fe). The system in question checks the part before it is mounted (the part has all the machining operations performed), on the engine assembly.

Fig. 6.18 - Virtual model of the device for checking and controlling the oil sump part

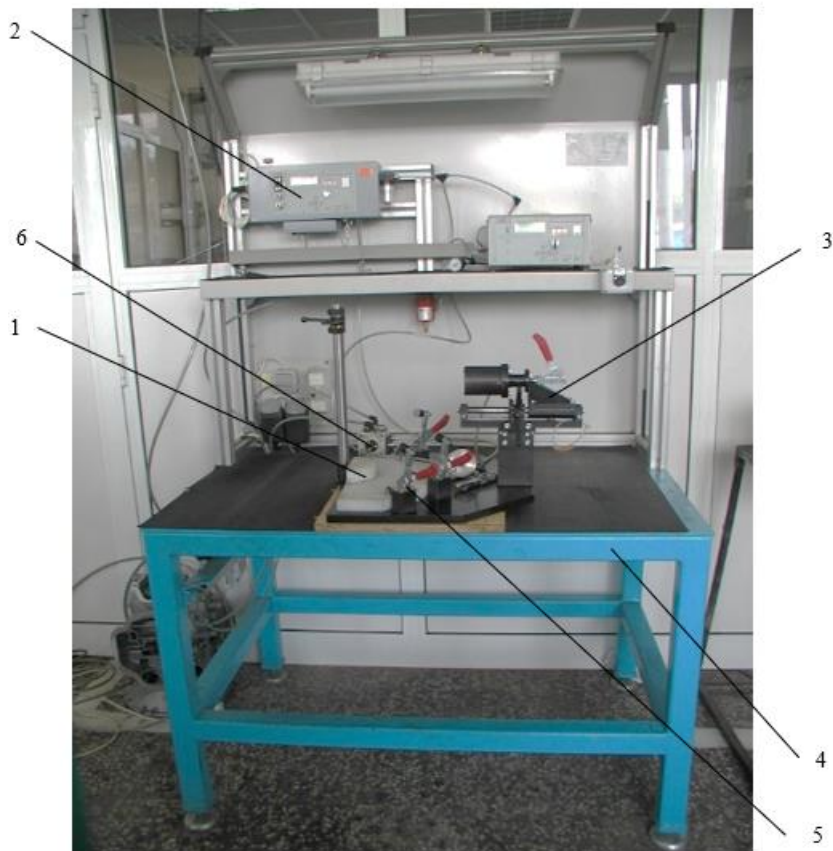


6.4. Concept and functional model solution

The functional model (Fig. 6.23) of the virtual system for checking the tightness, previously presented, was made with the aim of verifying the principles and mode of operation, which were the basis of its design. The physical model made, confirmed the expectations of this system for checking the tightness. As in the case of other systems, reaching the optimal operating

parameters was achieved by further adjustments of its components, as well as with the help of the adjustments of the pneumo-electronic measurement subassembly.

Fig. 6.23 - Functional model



- 1. Part control post
- 2. Pneumo-electronic measuring subassembly
- 3. Sealing Subassembly

- 4. Device frame
- 5. Part clamping sub-assembly
- 6. Marking Subassembly

Chapter 7. CONCEPTS AND CONSTRUCTIVE SOLUTIONS USED FOR THE MAKING OF THE EXPERIMENTAL MODEL OF A CYBER-MIXMECATRONIC SYSTEM FOR VERIFYING THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS

Gradually, the tendency to replace classic equipment with mechatronic systems (cyber-mixmechatronic systems) is increasingly accentuated.

This aspect is due to the fact that a mechatronic system can successfully replace several classic inspection, control and production equipment, simultaneously with the reducing of the waste percentage, increasing product quality, reducing production costs and increasing work safety.

7.1. Schematic diagram of a mechatronic verification and control system

Fig. 7.1 - Schematic diagram of a mechatronic verification and control system

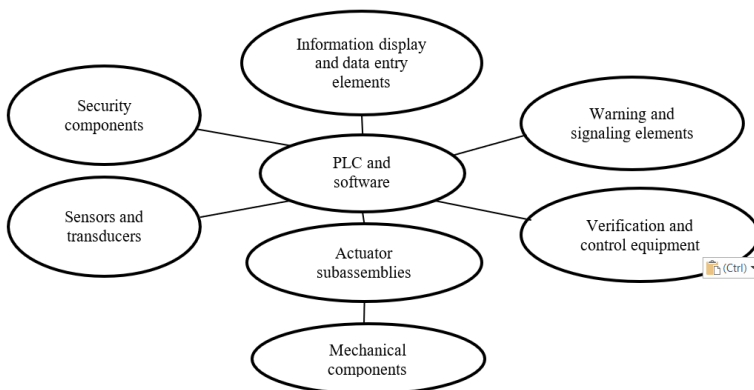


Fig. 7.1 shows the principle diagram of a mechatronic verification and control system.

7.2.General concept of the automation architecture of a mechatronic system for checking and controlling the tightness of a cast, machined/non-machined part

Fig. 7.10 - General concept of the automation architecture of a mechatronic system for checking and controlling the tightness of a molded, machined/non-machined part

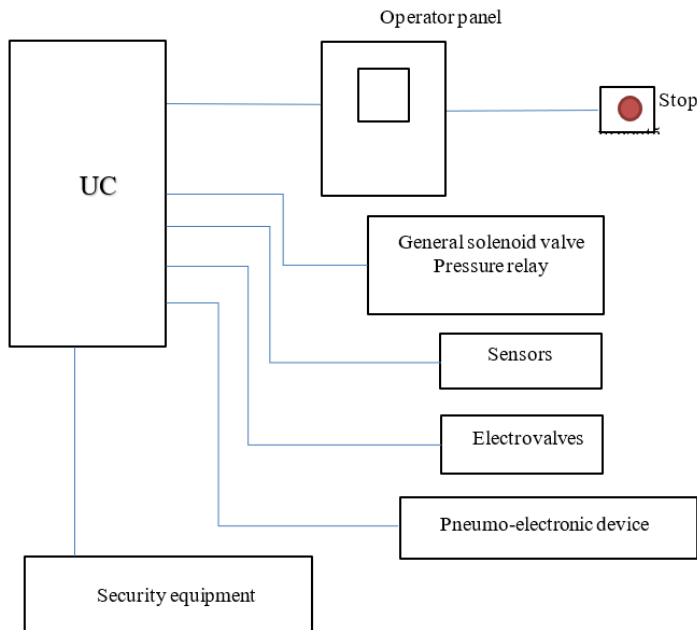
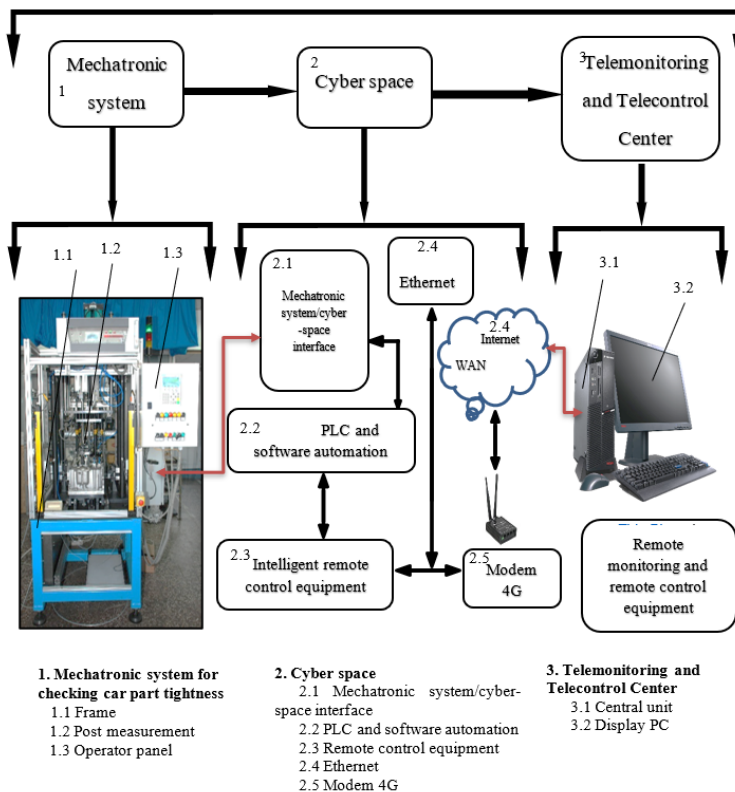


Fig. 7.10 shows the structure of this general concept of the automation architecture of a mechatronic system for checking and controlling the tightness of a cast, machined/non-machined part.

7.3. Concept of mechatronic and cyber-mixmechatronic system

Fig. 7.11 shows a schematic representation of the mechatronic and cyber-mixmechatronic system concept for checking and controlling the tightness of cast, machined/non-machined parts.

Fig. 7.11 - Schematic representation of the mechatronic and cyber-mixmechatronic system concept for checking and controlling the tightness of cast, machined/non-machined parts



Chapter 8. VERIFYING THE CAPABILITY OF THE CHECKING AND CONTROL MECHATRONIC SYSTEM OF THE SEALING OF MACHINED/NON-MACHINED CAST PARTS

Any mechatronic system for checking and controlling the tightness of machined/unmachined cast parts, before being integrated on a production line, must be validated from a metrological point of view. Validation is done following the CMC (control means capability) test on the mechatronic system in question.

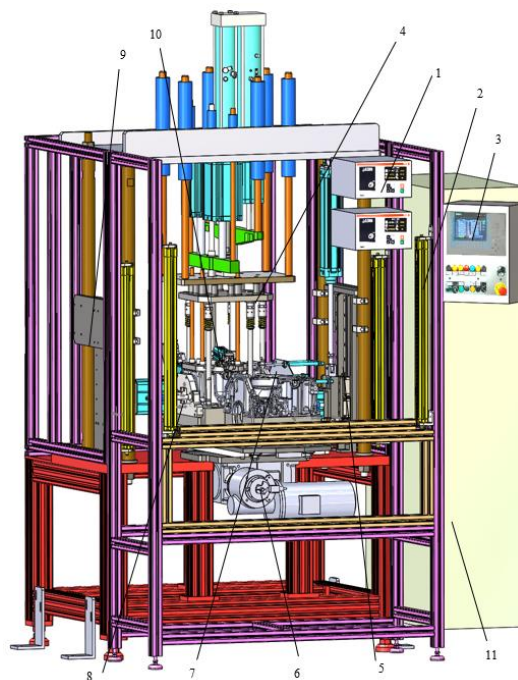
Fig. 8.1 – The interface of a CMCprogramme

[illegible]

Chapter 9. OVERVIEW OF ULTRA PRECISE CYBER-MECATRONIC SYSTEM USED FOR INDUSTRIAL CONTROL OF CASTING PARTS FROM AUTOMOTIVE INDUSTRY

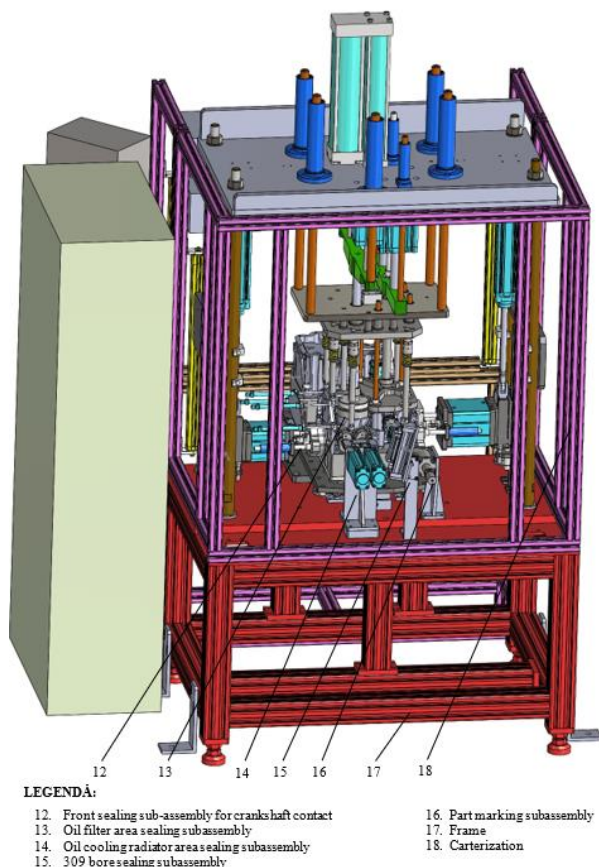
9.1.The components of the ultra-precise cyber-mechatronic system, used in industrial pentru control of casting parts from automotive industry

Fig. 9.1 - Front perspective view of the ultra-precise cyber-mechatronic system used for the industrial control of the tightness of the semelle part



- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Pneumo-electronic subassembly | 7. Subassembly for checking the presence of bores |
| 2. Protection systems | 8. Subassembly for sealing the surface of the oil |
| 3. HMI | crankcase/distribution crankcase |
| 4. Fixing sub-assembly | 9. Vertical transport subassembly 1 |
| 5. Vertical transport subassembly 2 | 10. 403 bore seal subassembly |
| 6. Turntable subassembly | 11. Central unit |

Fig. 9.2 - Rear perspective view of the ultra-precise cyber-mechatronic system used for industrial control of the tightness of the semelle part



9.2. Description of the semelle part, the tightness of which will be checked and controlled with the cyber-mechatronic, ultra-precise, industrial control system

The semelle is the base of the engine in the sense of the part at the bottom of the engine (semelle – sole or base in French) with a complex

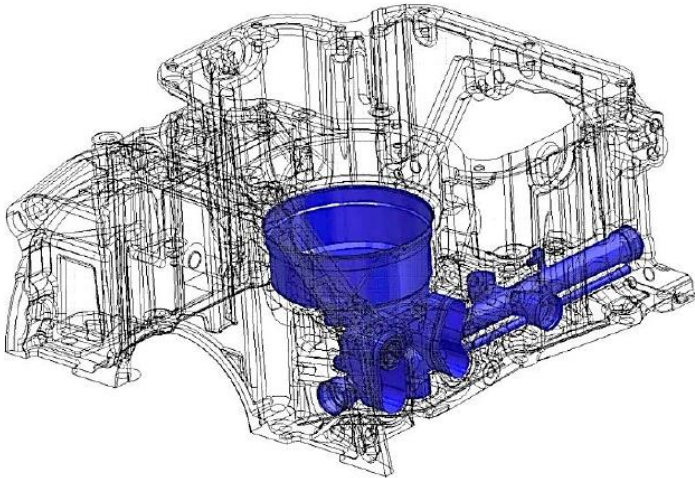
function having the main role of an oil bath. It encloses the oil pump, the following being mounted on the outside of this seal:

- the radiator for cooling the oil;
- the oil filter;
- the dipstick for checking the oil level;
- the oil pump connection connector.

9.2.1 The pressure circuits of the semelle

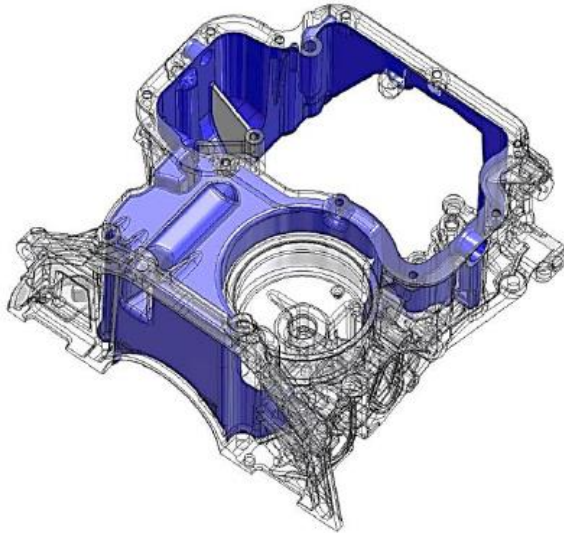
In Fig. 9.4 the high-pressure circuit of the machined part - semelle is highlighted. Within it, the oil pressure value is around 3 bars. The volume of this high-pressure circuit is approximately 540 cm³. Within the engine assembly, the oil pump, oil cooler and oil filter are connected to this circuit.

Fig. 9.4 – The high pressure circuit of the machined part – semelle



In Fig. 9.5 the low-pressure circuit of the semelle machined part is highlighted. Within it, the oil pressure value is equal to the atmospheric pressure value. The volume of this circuit is approximately 7300 cm³. Within the engine assembly, the oil dipstick and the oil probe are connected to this circuit.

Fig. 9.5 - The low-pressure circuit of the semelle machined part



These two circuits of the machined part - semelle, represented above, will be checked separately for the following reasons:

1. They have some common surfaces. In the event of a crack in these common surfaces, the circuits end up communicating, this crack being only detectable by testing and checking each circuit separately. In the case of joint testing and verification of the two circuits, this crack cannot be detected because there is no pressure loss to the outside.

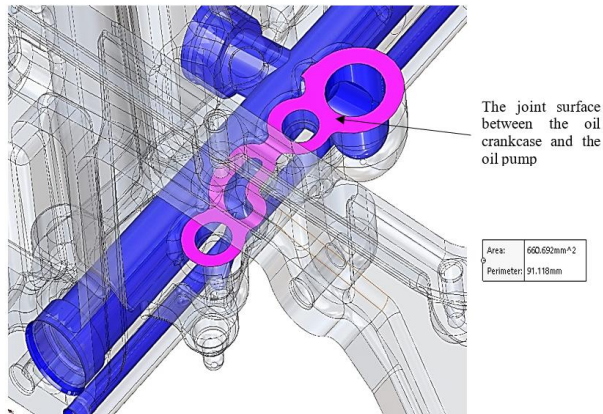
2. The circuits can, on request, be checked at different pressures, these being preset and mentioned in the specifications.

9.2.2 Sealing areas of the circuits of the semelle to be checked

The sealing areas on the high pressure circuit are:

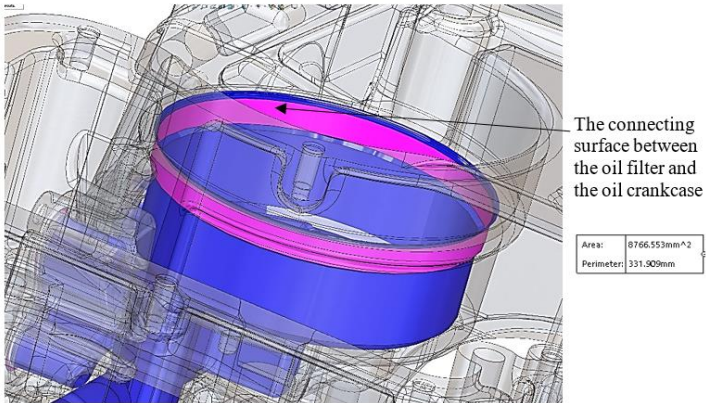
- The joining surface between the semelle and the oil pump (marked with pink color in Fig. 9.6). The area of the surface to be sealed is approximately 6.7 cm^2 (the value of 660.692 mm^2 can be seen in the box inside the figure).

Fig. 9.6 - The joining surface between the semelle (crankcase) and the oil pump



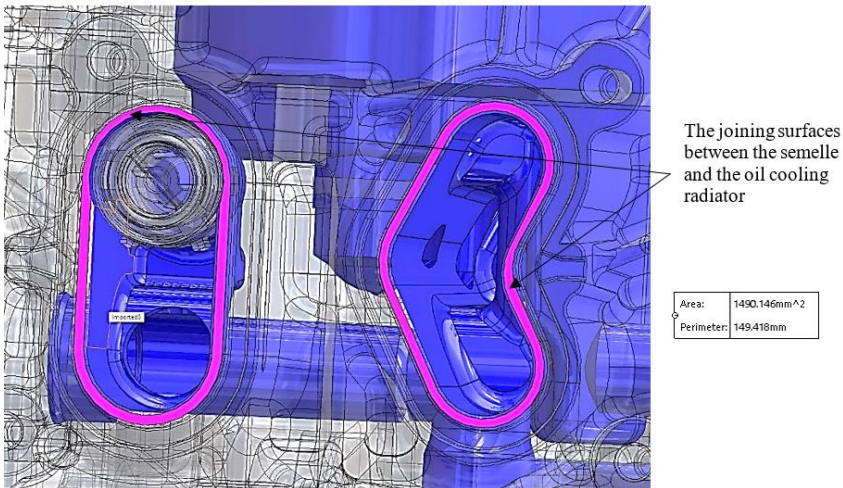
- The joining surface between the oil filter and the semelle (marked in pink in Fig. 9.7). The area of the projection in the plane perpendicular to the axis of the cylinder formed by this area is approximately 88 cm^2 (in the box inside the figure the value of 8766.553 mm^2 can be observed).

Fig. 9.7 – The joining surface between the oil filter and the semelle (crankcase)



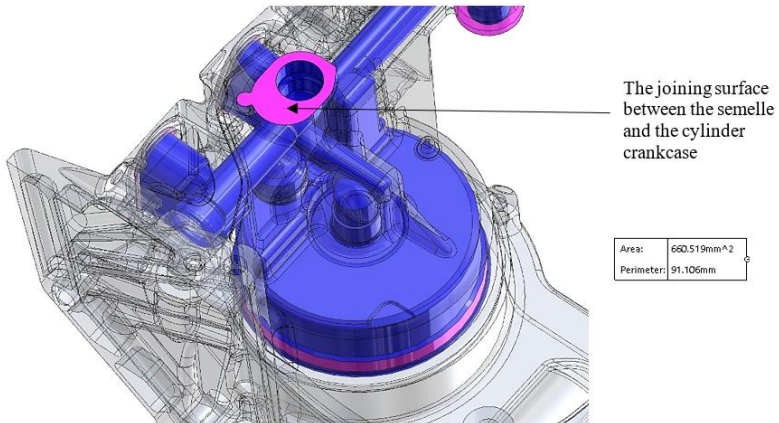
- The joining surfaces between the semellee and the oil cooling radiator (marked in pink in Fig. 9.8). The area of each of the surfaces of interest is approximately 15 cm² (the value of 1490.146mm² can be seen in the box inside the figure).

Fig. 9.8 - The joining surfaces between the semelle and the oil cooling radiator



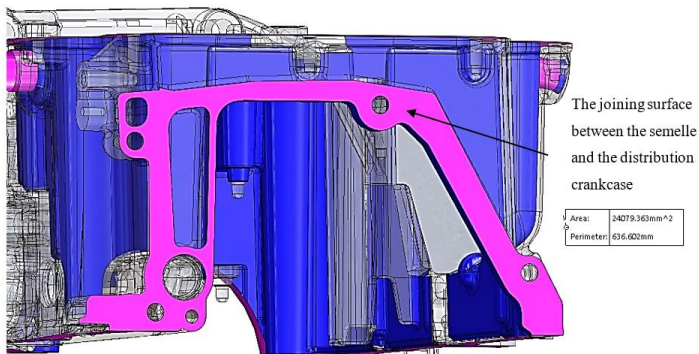
- The joining surface between the semelle and the cylinder crankcase (marked in pink in Fig. 9.9). The area of this area is approximately 6.6 cm^2 (the value of 660.519 mm^2 can be seen in the box inside the figure).

Fig. 9.9 - The joining surface between the semelle and the cylinder crankcase



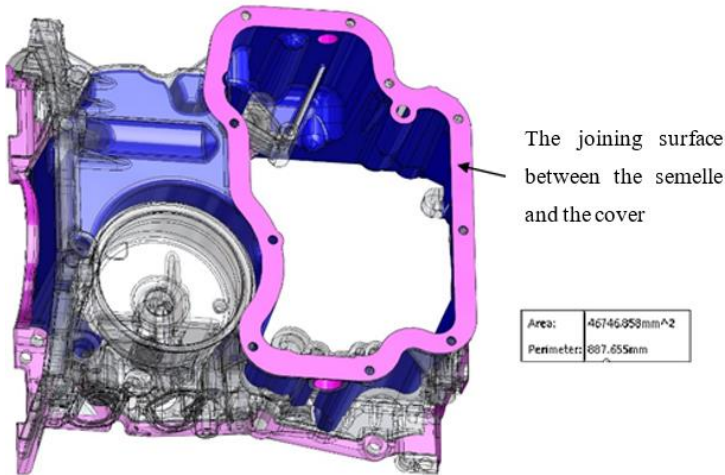
The sealing areas of the low pressure area are:

Fig. 9.10 - The joining surface between the semelle and the distribution crankcase



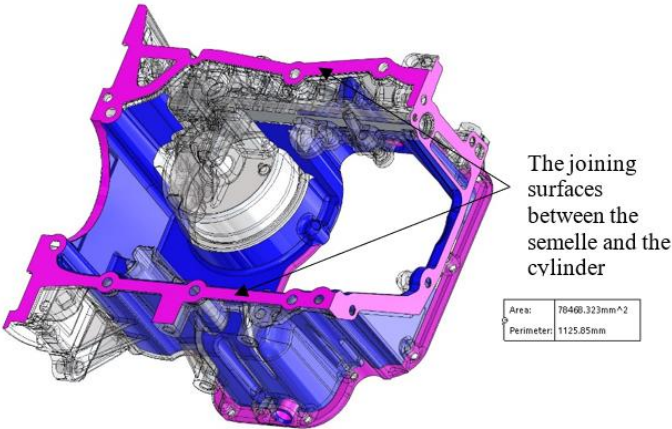
- The joining surface between the semelle and the distribution crankcase (marked with pink color in Fig. 9.10). The area of this zone is approximately 241 cm^2 (the value of 24079.363 mm^2 can be seen in the box inside the figure).
- The joining surface between the semelle and the cover (marked with pink color in Fig. 9.11). The area of this area is approximately 468 cm^2 (the value of 46746.858 mm^2 can be seen in the box inside the figure).

Fig. 9.11 - The joining surface between the semelle and the cover



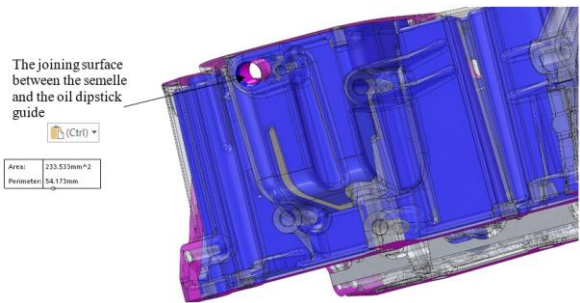
- The joining surfaces between the semelle and the cylinder crankcase (marked with pink color in Fig. 9.12). The area of this surface is approximately 785 cm^2 (the value of 78468.323 mm^2 can be seen in the box inside the figure).

Fig. 9.12 - The joining surfaces between the semelle and the cylinder crankcase



- The joining surface between the semelle and the oil dipstick guide (marked with pink color in Fig. 9.13). The area of the projection in the plane perpendicular to the axis of the cylinder formed by this area is approximately 2.5 cm² (the value of 233.533 mm² is observed in the box inside the figure).

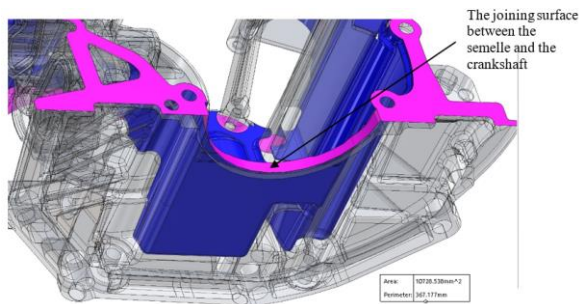
Fig. 9.13 - The joining surface between the semelle and the oil dipstick guide



- The joining surface between the semelle and the crankshaft (marked with pink color in Fig. 9.14). The projection area in the plane

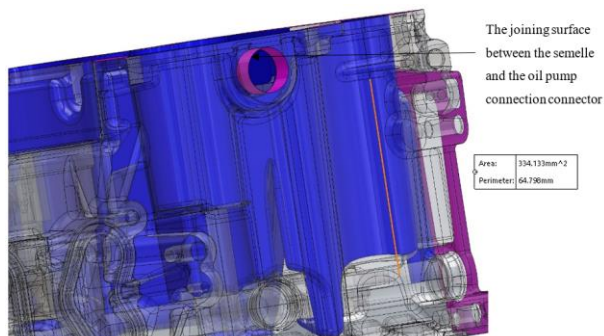
perpendicular to the axis of the cylinder formed by this area is approximately 108 cm^2 (the value of 10728.538 mm^2 is observed in the box inside the figure).

Fig. 9.14 - The joining surface between the semelle and the crankshaft



- The joining surface between the semelle and the oil pump connection connector (marked with pink color in Fig. 9.15). The area of the projection in the plane perpendicular to the axis of the cylinder formed by this area is approximately 3.5 cm^2 (the value of 334.133 mm^2 is observed in the box inside the figure).

Fig. 9.15- The joining surface between the semelle and the oil pump connection connector



Chapter 10. THE REQUIREMENTS OF A SPECIFICATION WHICH IS THE BASIS OF THE DESIGN OF A MECHATRONIC SYSTEM FOR VERIFICATION AND CONTROL OF THE SEALING OF MOLDED PARTS

According to the specification, a mechatronic system for verification and control of this part must be made, more precisely for two diversities with two constructive variants of it.

The inspection and control mechatronic system must operate automatically and have communication capabilities with a robot handling the part to be inspected, as well as with other systems involved in the production cycle. This mechatronic system checks the high pressure and low pressure oil circuit, requiring separate programs for each circuit.

Values of pressure and level of admissible losses, for the two circuits

- the high-pressure oil circuit – the check pressure 1 bar (with the possibility of 3 bars) and the admissible loss $\leq 3.6 \text{ cm}^3/\text{min}$;
- the low-pressure oil circuit – the check pressure 1 bar, and the admissible loss $\leq 25 \text{ cm}^3/\text{min}$.

The cycle time T_{cy} must be $< 70 \text{ cmin}$ (42 secunde).

Chapter 11. THE DESIGNING OF CHECKING AND CONTROL MECHATRONIC SYSTEM OF THE SEMELLE SEALING (TWO VARIETIES WITH TWO TYPES EACH)

The first stage of this study is the identification of the differences between the semelle that must be verified and controlled. The differences between the parts, in some cases, increase the difficulty of designing and manufacturing of the mechatronic system, as well as the complexity of the assemblies and sub-assemblies included in this system.

The two diversities of the semelle are:

- H9R with the variants:
 - X52 (without the bore for oil level dipstick guide)(Fig. 11.1)
 - X98 (Fig. 11.2)
- B4T with the variants:
 - X52(without the bore for oil level dipstick guide) (Fig. 11.1)
 - X98 (Fig. 11.2)

Fig. 11.1 - Highlighting the lack of bore machining for the dipstick guide

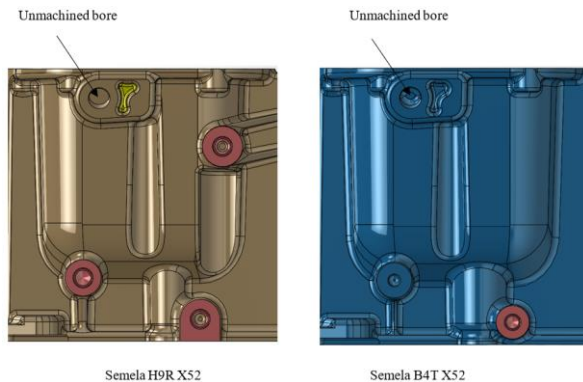
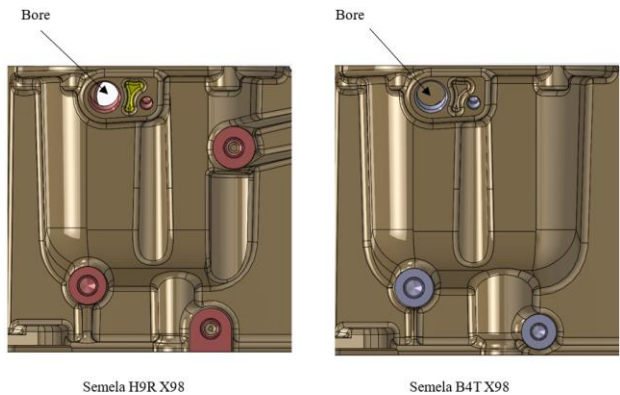


Fig. 11.2 - Highlighting the presence of the bore for the guide of the oil level dipstick



Determination of common sealing areas

Fig. 11.7 - Overlap of the contact surfaces, with the cylinder casing, of the two semelles

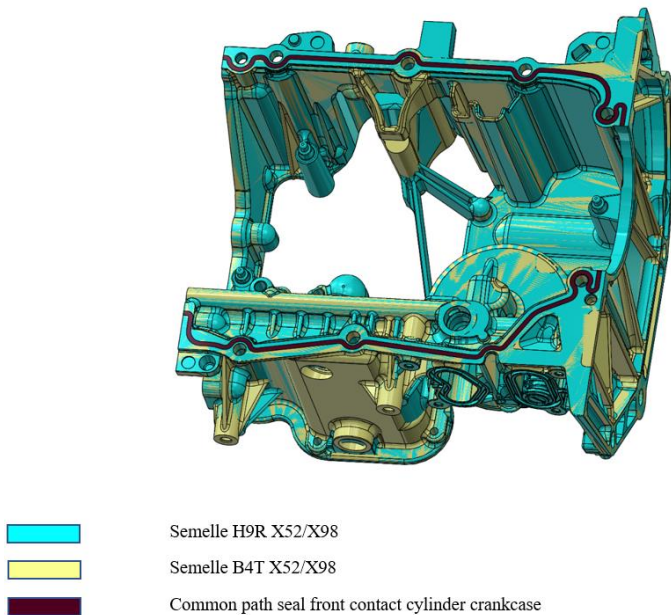


Fig. 11.8 - Overlap of the contact surfaces of the reference with the distribution
crankcase of the two semelles

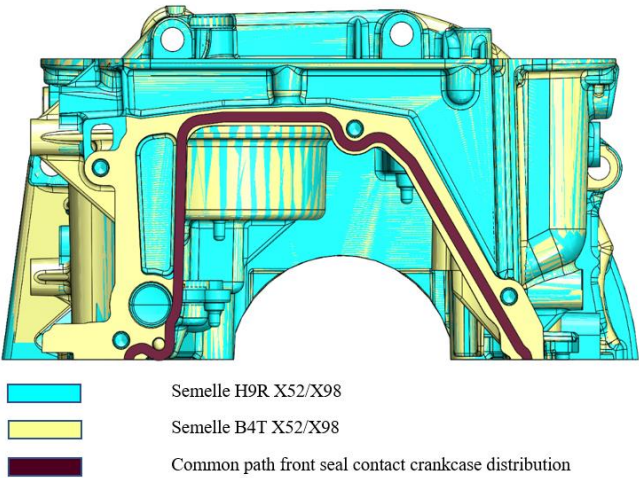


Fig. 11.9 - Overlap of the cover reference contact surfaces

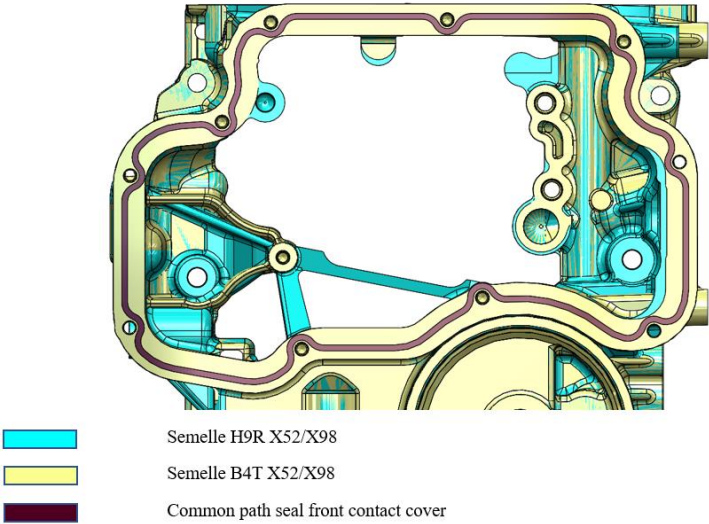


Fig. 11.10 - Overlap of the contact surfaces of the reference with the distribution crankcase of the two semelles

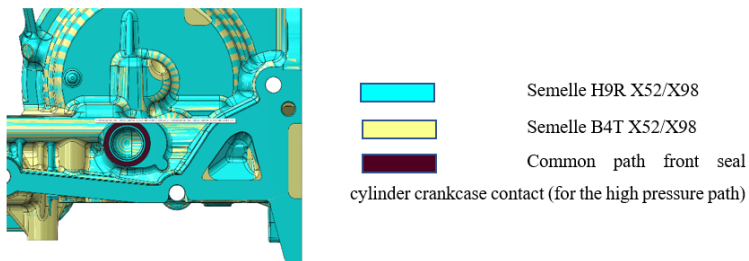
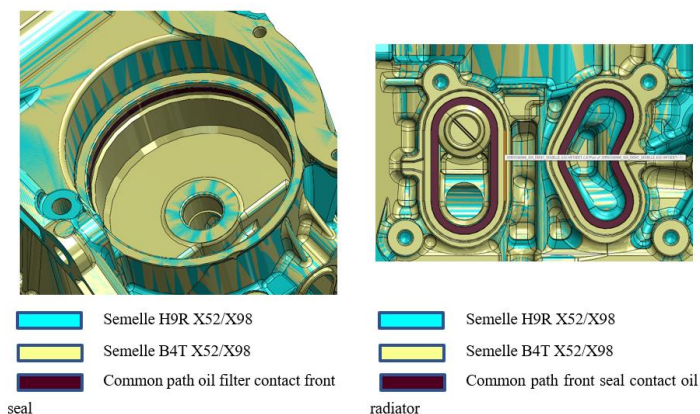


Fig. 11.11 - Overlap of the contact surfaces of the oil filter (left) and oil cooler (right)



11.1. Determinarea suprafeței de așezare a piesei, precum și a poziției acesteia în postul de lucru, în cadrul sistemului mecatronic de verificare și control al etanșeității

Reperul trebuie așezat în postul de lucru astfel încât să fie îndeplinite anumite condiții.

Fig. 11.12 - Suprafața de așezare în postul de lucru

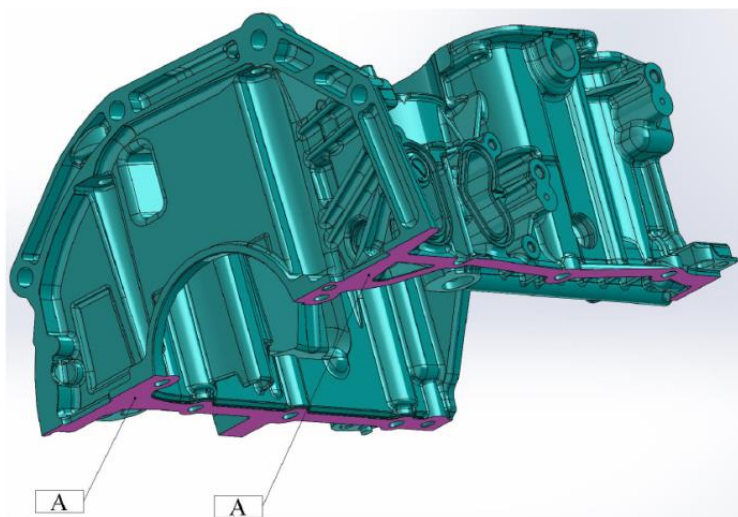
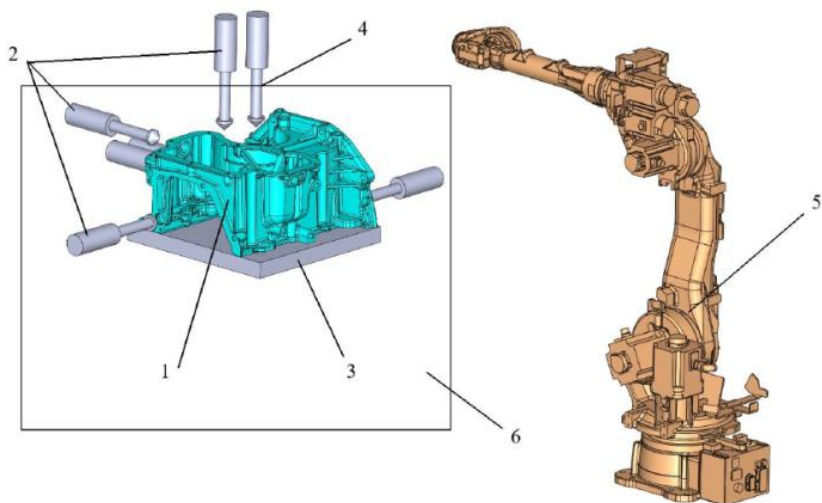


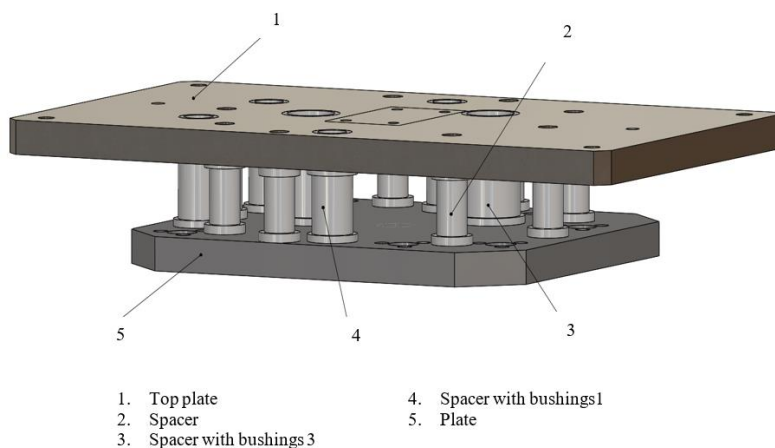
Fig. 11.13 – Poziția optimă a piesei de verificat, în postul de lucru



11.2. Calculation of the forces required to fix (clamp) the item to be checked and dimensioning of the clamping subassembly

The SolidWorks Simulation finite element analysis module of the SolidWorks CAD program was used to simulate the loads, deformations and find out the safety coefficient of the parts.

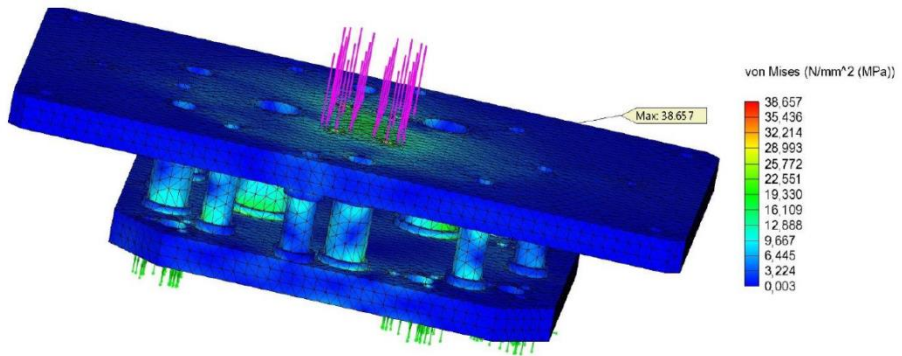
Fig. 11.26 - Clamping subsystem sub-assembly



The clamping subsystem sub-assembly (Fig. 11.26) has the role of fixing these subsystems in a rigid frame and transferring the force from the pneumo-hydraulic cylinder to the subsystems in question.

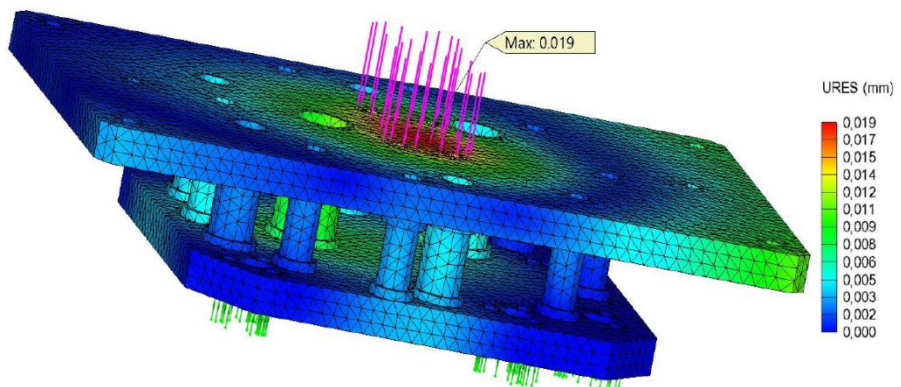
The material used for the parts in this subassembly is OL 37 (DIN equivalent 1.0038). The surface where the force of the pneumo-hydraulic cylinder is applied was defined with the SPLIT function to simulate the real area of action of this force. The applied force of 18800 is normal to the defined surface.

Fig. 11.28 - Von Mises stress in clamping subsystem sub-assembly, at an applied force of 18800 N



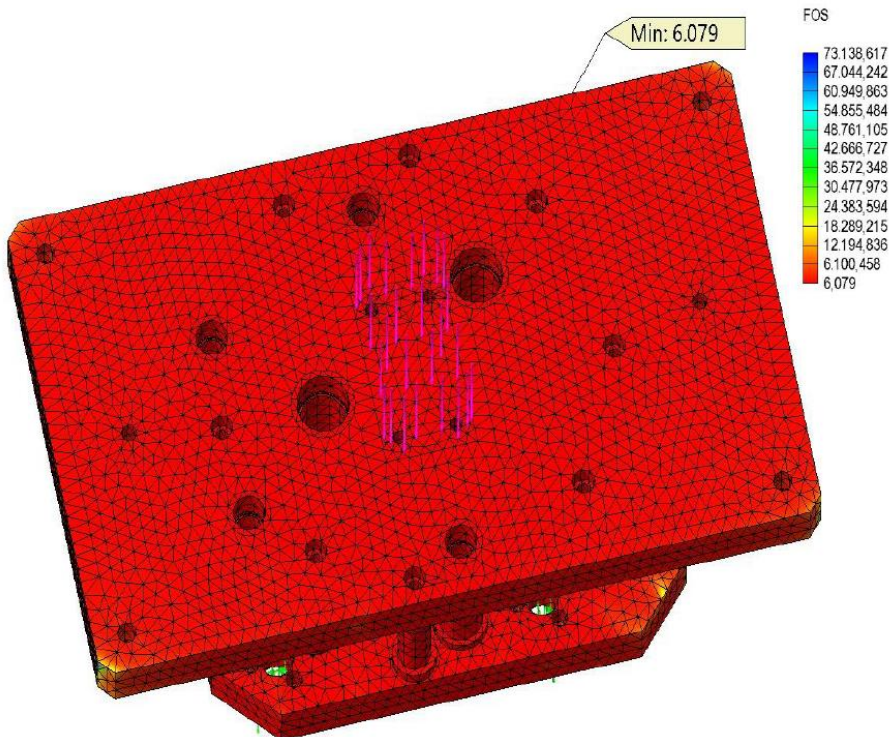
In Fig. 11.28, the Von Mises stresses can be observed in the subsystem sub-assembly, following the application of the force of 18800 N. The maximum and minimum values of these stresses can be observed as well as the areas where these values appear. The maximum stress has the resulting value of 38.657 MPa.

Fig. 11.29 - Displacements in clamping subsystem sub-assembly, at an applied force of 18800 N



The values of displacements experienced by the subassembly, when applying the force of 18800 are highlighted in Fig. 11.29. The minimum value and the maximum value of the displacements can be observed as well as the areas where they occur. Their maximum value is 0.019 mm.

Fig. 11.30 - The safety coefficient of the subsystem sub-assembly when applying a force of 18800 N



The minimum and maximum values of the safety coefficient as well as the areas where they are found can be seen in Fig. 11.30.

The value of the safety coefficient that must be taken into account is the minimum obtained, namely 6.079. This value is greater than 1, indicating that the subassembly has been sized correctly for strength calculations.

11.3. Calculation of the forces required sealing the areas that need to be sealed

The forces required to make the seals are calculated similarly to the force required to clamp the part, starting from the areas of the surfaces to be sealed. It should be noted that the low pressure oil circuit is checked at 1 bar and the high pressure oil circuit is checked at 3 bar. Depending on the calculated forces, the drive cylinders of the respective sealing subsystems are chosen.

Fig. 11.35 - Von Mises stress in the sealing plate "Sealing plate 9 M" at an applied force of 5831 N

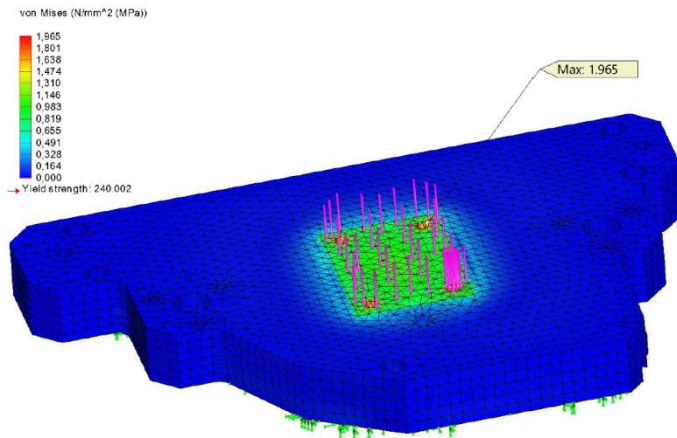


Fig. 11.36 - Displacements in the sealing plate "Sealing plate 9 M" at an applied force of 5831 N

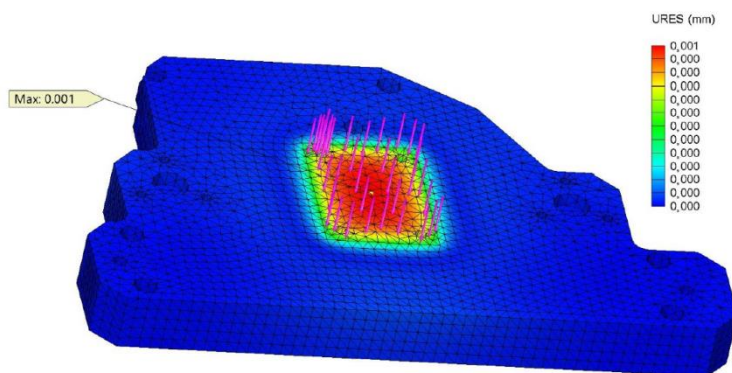
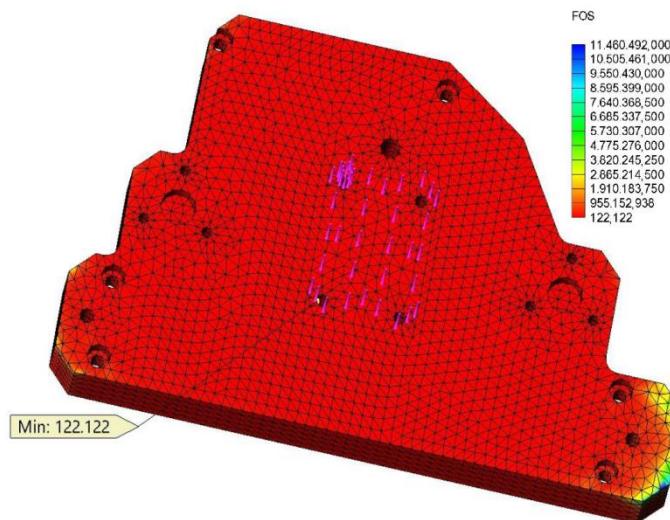


Fig. 11.37 - The safety coefficient of the sealing plate "Sealing plate 9 M"



As can be seen, the minimum value of the safety coefficient of the sealing plate " Sealing plate 9 M ", 122,122 is greater than 1, which confirms

the correct dimensioning of this part, from the point of view of stress calculations.

Fig. 11.41 - Von Mises stress in the sealing plate "Sealing plate 8 M_1" at an applied force of 12272 N

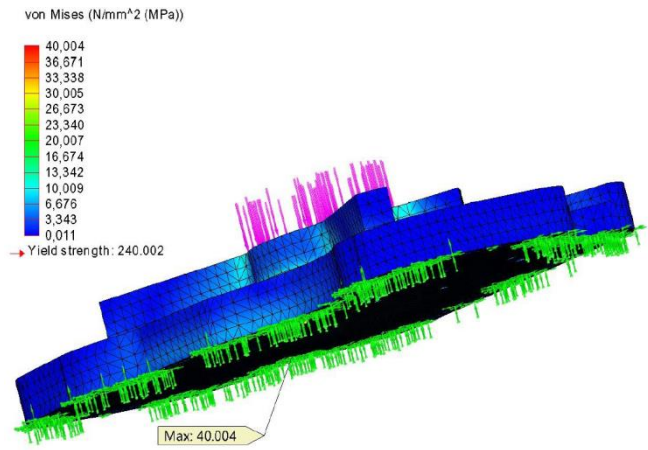


Fig. 11.42 - Displacements in the sealing plate "Sealing plate 8 M_1" at an applied force of 12272 N

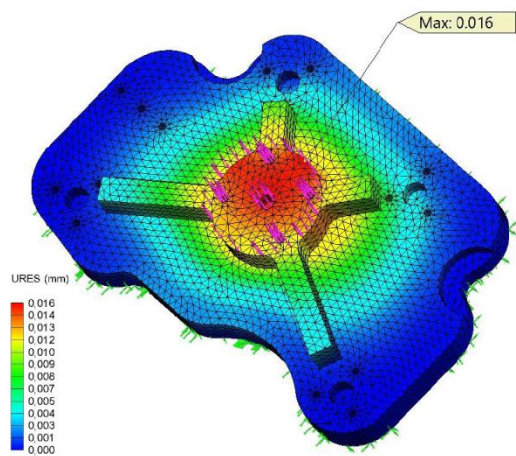
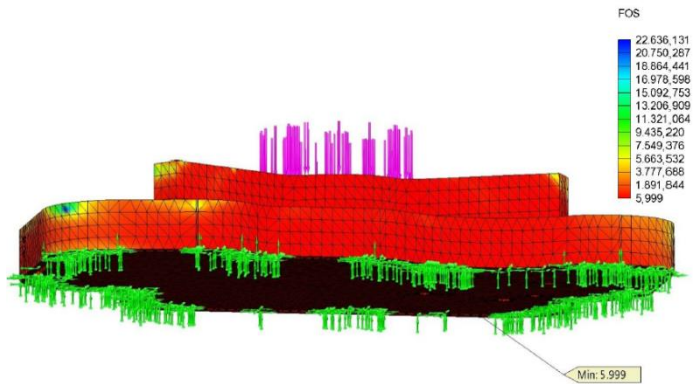


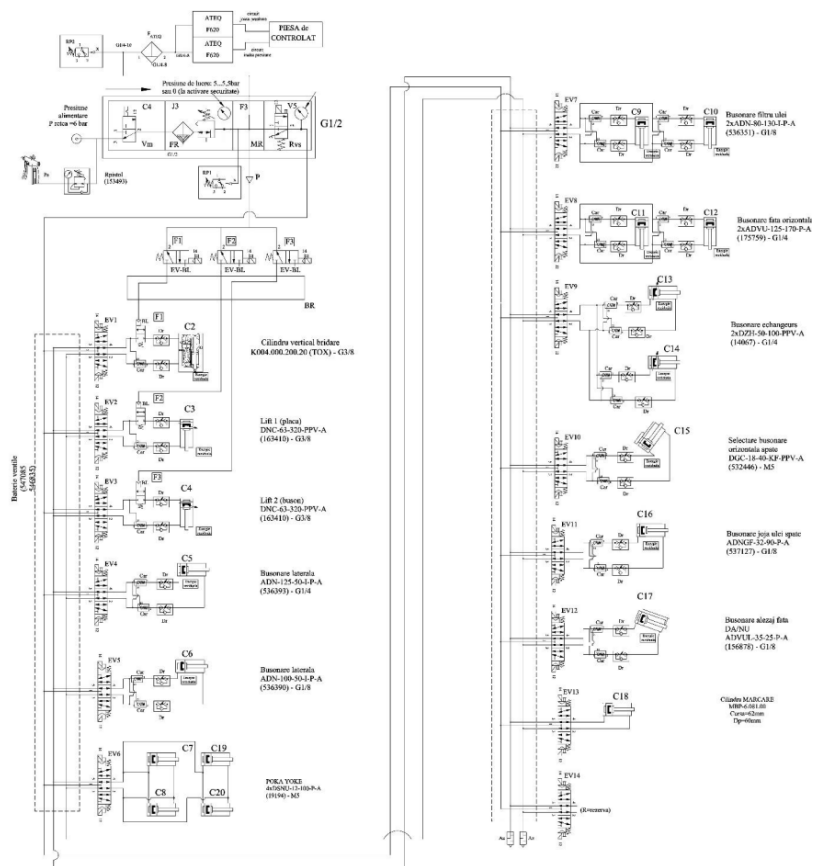
Fig. 11.43 - Safety coefficient of the reference "Sealing plate 8 M_1" at a force of 12272N



As can be seen, the minimum value of the safety coefficient, of the reference "Sealing plate 9 M", 5.999 is greater than 1, which confirms its correct dimensioning, from the point of view of stress calculations.

Chapter 12. PNEUMATIC DIAGRAM AND THE STAGES OF PERFORMING THE MOVEMENTS NECESSARY TO VERIFY THE LEAKNESS OF MOLDED PARTS, WITH THE HELP OF THE ULTRA PRECISE CYBER-MECATRONIC SYSTEM OF INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL

Fig. 12.1 Pneumatic scheme of the cyber-mechatronic ultra-precise industrial and laboratory control system (for cast parts from automotive industry)



The movements that must be made by the ultra-precise cyber-mechatronic system of industrial and laboratory control, to check the tightness of the cast parts, are divided into two categories:

- Advance movements. These are the following:

M1

- Rotation (removing the part from the inspection station and entering the new part into the inspection station)

M2

- (C2+F1) – Clamping subassembly
- (C3+F2) –Vertical transport subassembly 1
- (C4+F3) – Vertical transport subassembly 2
- (C15) –Sealing Selector Sub-Assembly (for H9R remains unpacked only packs for B4T)

M3

- C5, C6, C10, C11, C12, C13, C14, C16 –Sealing Subassemblies
- C7, C8, C19, C20 –Poka-Yoke subassembly

M4

- C17 – Sealing according to the part

M5

- C16 – Withdrawn after ATEQ verdict

M6

- C18 – Marking

- Withdraw movements. These are the following:

M1

- C2

M2

- C3, C4, C11, C12, C15

M3

- C5, C6, C7, C8, C9, C10, C13, C14, C16, C17, C18

In conclusion, the pneumatic diagram Fig. 12.1, designed in an original solution, ensures the optimal pneumatic operation of the cyber-mixmechatronic system but also the stages of the system movements in the automatic operation cycle.

Chapter 13. TESTING AND VALIDATION OF CYBER-MECATRONIC ULTRA PRECISE INDUSTRIAL AND LABORATORY CONTROL SYSTEM CAPABILITY (FOR AUTO CAST PARTS FROM AUTOMOTIVE INDUSTRY)

13.1. Testing and validation H9R part

The first set of measurements (Table 13.1) was carried out on a part chosen, called the reference part, according to the lowest value of the loss on the low-pressure circuit.

The measurement parameters on the low-pressure circuit of the cyber-mechatronic ultra-precise industrial and laboratory control system (for auto-cast parts from automotive industry) are as follows:

- Filling time – 15 seconds
- Stabilization time – 14 seconds
- Timpul de măsurare – 5 seconds
- Maximum accepted loss – $25 \text{ cm}^3/\text{min}$
- The volume of the low pressure circuit – 2400 cm^3

Tabel 13.1 - Values of the air losses measured in the case of the reference part (low pressure circuit)

Repet. etalon (etalon de 0).	Măs1	Măs2	Măs3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Yej (cm^3/min)	0,240	0,426	0,426	0,568	0,568	0,232	0,458	0,365	0,327	0,527

In the table above Y_{ej} represents the value of each air loss measurement.

Starting from the Y_{ej} values obtained, the deviation from the standard will be determined, denoted so (formula 13.2), as follows:

In the formula below, J_o represents the average of the measurements.

$$J_o = \frac{\sum Y_{ej}}{10} = 0,414 \frac{cm^3}{min} \quad (13.1)$$

$$s_o = \sqrt{\frac{\sum (Y_{ej} - J_o)^2}{10}} = 0,123 \frac{cm^3}{min} \quad (13.2)$$

A flow calibrator adjusted to a value as close as possible to the permitted flow value is connected to the pneumo-electronic system. The value obtained after measuring the standard must be equal to the sum of the value of the flow adjusted on the calibrator and the value of the loss of the standard part. At this stage three sets of measurements are made. The average deviation is denoted J_e as the case may be, $J-20\%$ (80% of the threshold), J_c , $J+20\%$ (120% of the threshold), the formula being:

$$J_e = \frac{\sum e_j}{10} \quad (13.3)$$

The second set of measurements Table 13.2 was made using the calibrator set at 80% of threshold.

Tabel 13.2 - Air loss values, measured with the calibrator adjusted to 80% of the threshold value

Justețea (80% din val. de prag)	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} cm^3/min	20,61	19,9	19,9	20,19	20,19	20,19	20,57	20,59	20,69	20,19
Valoare de calibrare V_c cm^3/min	20,3	20,2	20,2	19,9	19,9	19,9	20	20	20	20
e_j cm^3/min	0,310	-0,30	-0,30	0,290	0,290	0,290	0,570	0,590	0,690	0,190

e_j –represents the difference between the measured value Y_{ej} and the calibration value V_c adjusted to 80% of the maximum allowed loss value .

$$e_j = Y_{ej} - V_c \quad (13.4)$$

$$J_{-20\%} = \frac{\sum e_j}{10} = 0,262 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.5)$$

The calibrator is adjusted to a value as close as possible to the threshold value (25 cm^3) and after the measurements the values shown in Table 13.3 are obtained.

Tabel 13.3 - Values obtained from measurements made with the help of the calibrator adjusted as close as possible to the threshold value

Justețea la pragul admis	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} cm^3/min	25,3	25,3	25,45	25,3	25,45	25,47	25,58	25,49	25,62	25,78
Valoare de calibrare V_c cm^3/min	25,2	25,2	25,3	25,3	25,4	25,4	25,3	25,3	25,2	25,3
e_j cm^3/min	0,100	0,100	0,150	0,000	0,050	0,070	0,280	0,190	0,420	0,480

$$J_c = \frac{\sum e_j}{10} = 0,184 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.6)$$

The calibrator is adjusted to the value 20% above the threshold value (25 cm^3) and after measurements achieved, the values presented in Table 13.4 are obtained.

Tabel 13.4 - Values obtained from measurements made with the calibrator adjusted to a value 20% above the threshold value

Justețea (120% din prag)	Măs 1	Măs 2	Măs 3	Măs 4	Măs 5	Măs 6	Măs 7	Măs 8	Măs 9	Măs 10
Valori Y_{ej} (cm^3/min)	29,810	29,85	29,85	29,81	29,99	29,87	29,87	29,47	29,69	29,95
Valoare de calibrare V_c (cm^3/min)	29,9	29,9	30,2	30,2	30,1	30,1	30,0	30,0	30,0	30,1
Diferența e_j (cm^3/min)	-0,090	-0,050	-0,35	-0,390	-0,110	-0,230	-0,13	-0,530	-0,31	-0,150

Following the measurements, the following values were obtained:

$$J_{+20\%} = \frac{\sum e_j}{10} = -0,234 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.7)$$

$$J = \frac{J_{-20\%} + J_c + J_{+20\%}}{3} = 0,071 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.8)$$

The total deviation of e_j is s_j whose formula is:

$$s_j = \sqrt{\frac{\sum (e_j - J)^2}{J}} = 0,316 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.9)$$

Justness error is:

$$I_j = |J| + 2 * s_j = 0,703 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.10)$$

Table 13.5 shows the values of the measurements made on a batch of five parts, each of which was measured five times.

Tabel 13.5 - Values of measurements made on a batch of five parts

Repetabilitate serie piese					
	<i>piesa 1</i>	<i>piesa 2</i>	<i>piesa 3</i>	<i>piesa 4</i>	<i>piesa 5</i>
	Y1j	Y2j	Y3j	Y4j	Y5j
Yi1 (cm³/min)	1,71	1,42	2,88	0,284	0,289
Yi2 (cm³/min)	1,74	0,852	1,44	0,426	0,567
Yi3 (cm³/min)	1,74	0,71	1,76	0,569	0,328
Yi4 (cm³/min)	0,74	0,857	0,85	0,232	0,331
Yi5 (cm³/min)	1,71	0,964	1,88	0,345	0,548
Abaterea medie per piesă Ji	1,528	0,961	1,762	0,371	0,413

The global deviation from repeatability, denoted s_r , is obtained using the following formula:

$$s_r = \sqrt{\frac{\sum s_{r_i}^2}{5}} = 0,413 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.11)$$

In the previous formula s_{ri} represents the deviation from the repeatability of the measurement on the part.

$$s_{ri} = \frac{\Sigma(y_{ij}-J_i)^2}{4} = 0,441 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \quad (13.12)$$

The global uncertainty is denoted by I_g and is calculated according to the following formula:

$$I_g = |J| + 2 * \sqrt{(s_j^2 + s_r^2)} = 1,111 \quad (13.13)$$

Conclusions following the measurements made on the low pressure circuit:

- Deviation from the standard $so = 0.123 < IT/20 = 1.25$. The result obtained is in accordance with the imposed norms.
- Average of measurements $Jo = 0.414 < IT/5 = 5$. The result obtained is in accordance with the imposed norms.
- Global uncertainty $I_g = 1.111 < IT/6 = 4.17$. The result obtained is in accordance with the imposed norms.
- The low-pressure circuit capability of the cyber-mechatronic ultra-precise industrial and laboratory control system (for cast parts from automotive industry) is $CMC = IT/2 \quad I_g = 11.25 > 3$. The result obtained is in accordance with the imposed norms.

The same will be done with the high pressure circuit of the H9R reference and with the low and high pressure circuits of the B4T reference.

Following the measurements, the results obtained are in accordance with the beneficiary's rules and certify the validation of the product's capability, as a result it can be implemented in the production line.

Chapter 14. CONTRIBUTIONS

Through the design and manufacturing of the cyber-mechatronic ultra-precise industrial and laboratory control system (for cast car parts) it was possible, on a national level, to create a product that meets the requirements of the major manufacturers of auto components, at a competitive level with the products made of internationally established companies.

The results presented in this thesis are overwhelmingly original contributions of the author, confirmed by their presence in scientific publications, these being presented at scientific conferences, being the subject of patent applications and last but not least through the cyber-mechatronic ultra-precise industrial and laboratory control system (for cast parts from automotive industry) realized physically.

The contributions of the research presented in this paper, made it possible to create an ultra-precise cyber-mechatronic product of industrial control at a reduced price compared to competitors at an equivalent quality.

It was possible to reduce the cycle time through a technical artifice, presented below, which consisted in the way in which the verification and control of the semelle part was done.

Each pressure circuit (low pressure or high pressure) must be checked and controlled separately due to the risk of cracks or defects in the common walls, which could cause communication between the two pressure circuits. The adopted solution allows, at the same time, the separate verification and control, as well as the reduction of the cycle time to a slightly higher value than in the case of the verification of a single circuit.

Fig. 14.1 - Filling pressure circuits



Fig. 14.2 - Stabilization of pressure circuits



As seen in Fig. 14.1, after complete sealing of the landmark, both pressure circuits are filled. The filling time for the high pressure circuit is 9 seconds and for the low pressure circuit it is 15 seconds

The next stage (Fig. 14.2) is the stabilization of the pressure in the low and high pressure circuits. The settling time for both circuits is 14 seconds but the high pressure circuit has a 6 second advance due to the shorter filling time.

Fig. 14.3 - High pressure test/Low pressure stabilization



The advance of 6 seconds of the high-pressure circuit allows the verification and control of this circuit to be carried out while the low-pressure circuit is in the stabilization stage (Fig. 14.3).

After testing the high pressure circuit (5 seconds), a bore of this circuit is opened and testing of the low pressure circuit begins.

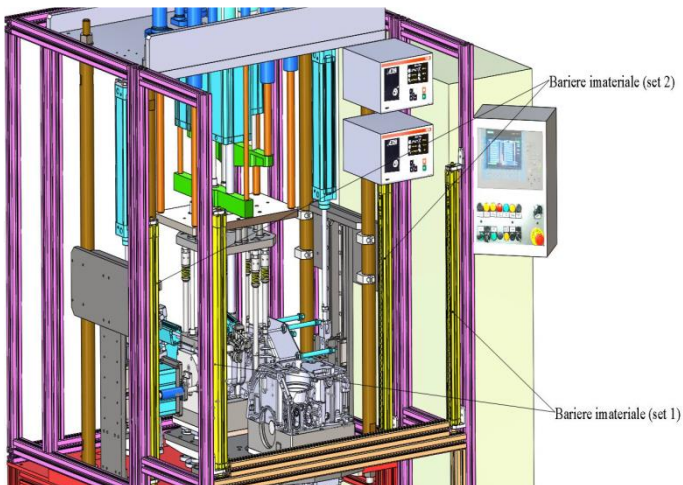
If the case in which the verification and control of the circuits were done in series, a total time of approximately 62 seconds would result (the time allocated to the pneumo-electronic cells).

In the situation described above (and applied in the ultra-precise cyber-mechatronic system of industrial and laboratory control for cast parts from automotive industry) the total time allocated to the pneumo-electronic cells is 34 seconds.

Two sets of immaterial barriers were used to improve work safety (see Fig. 14.4).

The first set of immaterial barriers provides protection when the part from the measuring station is brought to the loading/unloading station. At this stage, the second set of immaterial barriers is inactive. When the part is in the verification and control phase, the second set is active and the first set is inactive allowing a new part to be loaded.

Fig. 14.4 - Immaterial barriers



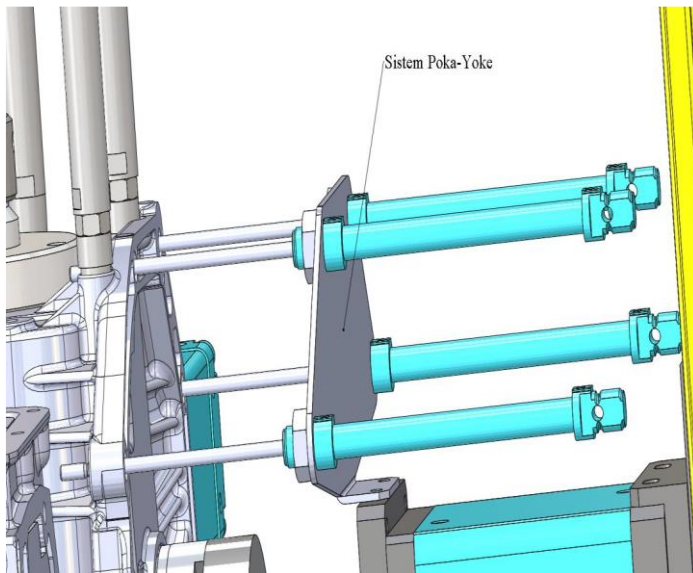
Another innovation brought to these cyber-mechatronic systems is the introduction of subsystems for verification of certain processing of the controlled parts.

The purpose of poka-yoke is to eliminate product defects by preventing or correcting mistakes as soon as possible. This is most commonly used in manufacturing environments.

An example of a "Poka-Yoke" system is the one in Fig. 14.5 intended to verify the presence of certain bores, on the parts to be controlled.

By implementing this subsystem, it was possible to eliminate some devices which checked the presence of these bores, thus achieving a decrease in the manufacturing time.

Fig. 14.5 - Poka-Yoke System



Chapter 15. CONCLUSIONS AND NEW RESEARCH DIRECTIONS

15.1. Conclusions

1. The dominant trend in the industrial environment is represented by the growing demand for measurement systems and components that allow the reduction of the percentage of rejects and losses, due to the specific requirements of the market, such as: economic criteria, environmental protection specifications, constraints regarding safety at work and those related to increasing the quality of products.

2. The final result from quality assurance point of view is the high precision quality assurance methods/systems for leak testing of cast parts from automotive industry.

3. Researchers, technicians, scientists, manufacturers, etc., who work with hermetically sealed elements, vacuum, or even gaskets, need to familiarize themselves with the measurements and usual location of fluid leaks.

Obs. Remarkable, however, is the fact that this technical field of sealing control with mechatronic systems is almost unknown even within design and engineering organizations.

4. Some of the most commonly used techniques for pressure loss detection have been selected and briefly presented, without any reference to a specific industry (eg automotive) but only in general.

5. Each control/test/verification method has advantages and disadvantages, and choosing the right one is a trade-off between the method and production requirements.

6. For choosing the control/testing/verification method to be used, it is necessary to take into account precisely all the permissible limits of escape and all other factors, not only the technological requirements, but also the evolution of the standard regulations in this field and the new requirements of the market.

This study made it possible to create a Romanian product (ultra-precise cyber-mechatronic industrial and laboratory control system for cast parts from automotive industry) at international standards, which was implemented on the production line (S.C. Automobile Renault-Dacia, Pitesti) as how the completion of the cyber-mixmechatronic product is presented (see Fig. 15.1).

Fig. 15.1 - Ultra-precise cyber-mechatronic industrial and laboratory control system for cast parts from automotive industry (implemented in production line)



The experience gained year after year in the field of mechatronic measurement and control systems has allowed to obtain a high-performance systems, with a reduced design and execution time, having a special contribution in terms of increasing the quality and reliability of the final product.

The present work facilitates the successful implementation, on the manufacturing line, of advanced technological systems, a necessary condition for increasing the productivity and quality of the final products.

15.2. New research directions in the field of doctoral thesis

a) Development of new methods and principles for measuring the tightness of cast parts in the automotive and other industrial fields (eg: cast part, based and sealed, under a bell and introducing an overpressure inside the bell for its penetration through the external walls of the part into the cavity of the part , etc.);

b) Development of cyber-mixmechatronic products for remote measurement and remote control of the tightness of cast parts in the automotive industry and other industries (with remote monitoring);

c) Development of cyber-mixmechatronic technological platforms of intelligent systems for electronic measurement and control for complex industrial parts of the automotive industry for industry 4.0;

d) Development of mechatronic technological networks of intelligent systems for integrated measurement and control for industrial parts in various digitized industries.

**Lista cu publicațiile aferente tezei de doctorat - articole publicate în
reviste științifice indexate Web Of Science, Scopus, BDI/ List of
publications related to the PhD thesis - articles published in scientific
journals indexed Web Of Science, Scopus, BDI**

1. Badea Cristian, Badea Sorin-Ionut, "The positioning errors generated by Xsens MVN inductive system during the analysis of „push-ups” exercise, using the „single level” scenario, before and after the calling of "REPROCESS" function, *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics - IJOMAM*, 2018, ISSN: 2559-4397, Issue 4/2018, pp. 120–133, indexed BDI: Scopus, EBSCO si Proquest

2. Badea Sorin-Ionut, "Intelligent Devices for Transporting Parts Between Processing Systems, Ultra-precise Cyber-Mechatronic Systems for Industrial and Laboratory Control (for Molded Parts in the Automotive Industry) and the Assembly Line", *Proceedings of the International Conference of Mechatronics and Cyber- MixMechatronics – ICOMECYME 2020. Lecture Notes in Networks and Systems*, ISSN 2367-3370, Volume 143/2020, p. 165-172, DOI: 10.1007/978-3-030-53973-3_18 Indexat: BDI: Scopus si Springer Link

3. Sorin-Ionut Badea, „Analysis of current methods for leakage part detection”, *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics Open Access* Volume 2, Issue 10, Pages 111 – 118, 2021, Document type Article • Bronze Open Access Source type Journal ISSN 25596497 DOI 10.17683/IJOMAM/ISSUE10/V2.13 Publisher Cefin Publishing House Original language English

4. Gheorghe Gheorghe, Sorin-Ionut Badea, Ilie Iulian, Despa Veronica, „Is Romania ready for the development of Smart Industry 4,0?”,

Lecture Notes in Mechanical Engineering Pages 293 – 304, 2022 1st International Conference on Innovation in Engineering, ICIE 2021Guimarães28 June 2021through 30 June 2021 Code 261309 Indexat in Web of Science, Document type Conference Paper Source type Book Series ISSN 21954356 ISBN 978-303078169-9 DOI 10.1007/978-3-030-78170-5_26 Publisher Springer Science and Business Media Deutschland GmbH Original language English Volume Editors Machado J., Soares F., Trojanowska J., Ivanov V.

5. Gheorghe Gheorghe, Sorin-Ionut Badea, Ilie Iulian, Despa Veronica, „Original constructive solutions for the development of Industry 4.0 in Romania”, *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2022, pp. 270–284, International Conference on Innovation in Engineering ICIE 2021Guimarães28 June 2021through 30 June 2021Code 261309 Indexat in Web of Science, Document type Conference Paper Source type Book Series ISSN 21954356 ISBN 978-303079167-4 DOI 10.1007/978-3-030-79168-1_25 Publisher Springer Science and Business Media Deutschland GmbH Original language English Volume Editors Machado J., Soares F., Trojanowska J., Yildirim S.

6. Sorin Ionuț Badea, Anghel Constantin, Cristian Radu Badea and Florentina Badea, „Electronic air-operated apparatus for tightness measurement and detection used in automotive industry”, *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics - IJOMAM*, 2022, ISSN: 2559-4397, Issue 12/2022, pp. 177–181, dx.doi.org/10.17683/ijomam/issue12.26, indexed BDI: Scopus, EBSCO si Proquest



CURRICULUM VITAE

INFORMAȚII PERSONALE

Nume	Badea Sorin Ionut
Adresă(e)	Sos.Colentina nr.26, Bl.64, ap.162, sector 2, Bucuresti
Telefon(oane)	Fix:021.252.11.31 Mobil:0726258744
Fax(uri)	021.252.11.31
E-mail(uri)	sorin_ib@yahoo.com
Naționalitate(-tăți)	romana
Data nașterii	22.01.1977

Funcția

Cercetator Științific Gradul III

EXPERIENȚA PROFESIONALĂ

Perioada (de la – până la)

2001-prezent

Numele și adresa angajatorului

Institutul Național de Cercetare – Dezvoltare
pentru Mecatronica și Tehnica Măsurării
București (INCDMTM Bucuresti)

Tipul activității sau sectorul de activitate

Cercetare Dezvoltare și Proiectare Aparatura
de Măsură și Control Dimensional.

Funcția sau postul ocupat

Cercetator științific gr.III

Principalele activități și
responsabilități

- Aparatura de măsurare și control dimensional; Concepție, proiectare, punere în fabricație, training
- proceduri de măsurare dimensională; dispozitive de control în linii de prelucrare automate, dispozitive de control la temă, dispozitive mecanice, pneumatice și electronice de control dimensional.

EDUCAȚIE ȘI FORMARE

Perioada (de la – până la)	2017-prezent
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Instituția Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat din cadrul Universității Valahia din Târgoviște
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Științe ingineresti-Inginerie mecanica
Perioada (de la – până la)	2016
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	ABB SRL Romania
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Programare Baza IRC5 Controller
Perioada (de la – până la)	2015
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Universitatea Romano-Americana
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Competente antreprenoriale
Perioada (de la – până la)	2008
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Study London srl
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Perfectionare limba engleza nivel Upper Intermediate

Perioada (de la – până la)	2006
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Promanagement SRL.
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Proiectare asistată CATIA V5
Perioada (de la – până la)	2005
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Universitatea Politehnica București-Centrul de tehnologii avansate pentru noile materiale
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Utilizarea mediului de programare grafică LABVIEW
Perioada (de la – până la)	2002
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	Centrul de Pregătire în Informatică
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Curs Visual C++, nivel 1 + nivel 2
Tipul calificării / diploma obținută	Certificat de absolvire eliberat de CPI
Perioada (de la – până la)	2002
Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională	FiaTest S.R.L.
Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale	Evaluarea incertitudinii de măsurare
Perioada (de la – până la)	2001-2002

Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională

Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale

Perioada (de la – până la)

Numele și tipul instituției de învățământ și al organizației profesionale prin care s-a realizat formarea profesională

Domeniul studiat / aptitudini ocupaționale

Tipul calificării / diploma obținută

APTITUDINI ȘI COMPETENȚE PERSONALE

Limba(ile) maternă(e)

Limba(ile) străină(e) cunoscută(e)

Universitatea Politehnica Bucuresti

Studii Aprofundate pentru Sisteme de Calcul si Automatizare

1996-2001

Universitatea Politehnica Bucuresti –
Facultatea de Inginerie Mecanică

Mecatronică-Specializarea Biomecanică

Inginer diplomat

Romana

Engleza

INTELEGERE		VORBIRE		SCRIERE
Ascultare	Citire	Participare la conversație	Discurs oral	
C1	C1	C1	C1	C1
Certificat emis de firma Study London				
Scrieți denumirea certificatului. Scrieți nivelul, dacă îl cunoașteți.				
Niveluri: A1/2: Utilizator elementar - B1/2: Utilizator independent - C1/2: Utilizator experimentat				
Cadrul european comun de referință pentru limbi străine				

Aptitudini și competențe organizatorice	- capacitatea de a lucra în echipă,; - coordonare echipa de lucru la proiecte de cercetare si proiectare; - capacitate de comunicare .
Aptitudini și competențe tehnice (utilizare calculator, anumite tipuri de echipamente, mașini etc.)	- Utilizare programe calculator (Proiectarea asistata de calculator: AutoCad. SolidWorks Utilizare MS-Office, Mathcad. Programare C,C++,Visual C++, Pascal, Dbase, Fox.) - programare si operare freza CNC tip HAAS TM1P - Programare si fabricatie pe masini unelte cu comanda numerica
Permis(e) de conducere Informații suplimentare	Categorie B
Participant la proiecte C-D-I RELANSIN	2003-2005: Mașină de sertizat prin rulare cu poanson cu mișcare orbitală ; 2004-2007 : Echipament computerizat pentru verificarea și împerecherea pieselor conjugate la realizarea ajustajelor cu joc controlat
CEEX	2005-2007: Cercetări privind realizarea sistemelor complexe pentru măsurarea și monitorizarea computerizată a două 2006-2008: Cercetări privind modernizarea ingineriei instrumentației inteligente și informaționale prin realizarea de aparate high-tech, de tip pneumo-electronic fără membrană, pentru măsurări dimensionale

CALIST	2003-2005: Sisteme electronice pentru măsurări dimensionale, inter și post-operaționale 2001-2003: Echipament de masurare cu laser 2001-2003: Echipament pentru, cantarire, sortare si marcare biele, dotat cu tehnica de calcul 2001-2003: Masina de masurat cote axiale pentru praguri si canale la alezaje
INVENT	2001-2003: Cap divizor
NUCLEU	2007: Dezvoltarea și realizarea de noi mijloace mecatronice pneumatice de măsurare și control a conicităților 2007-2009: Sisteme mecatronice de măsurare și control dimensional al suprafețelor sferice 2007-2008: Metodă de măsurare efectivă a cotei elementului de închidere într-un ansamblu cinematic, prin simularea mecanică a funcționării acestuia pe calculator 2009: Cercetari privind realizarea unui sistem mecatronic de masurare pe principii pneumoelectronice 2009-2012: Sistem mecatronic inteligent pentru încărcarea și descărcarea pieselor în instalații de control 2014-2015: Sistem mecatronic inteligent de compensare a temperaturii la controlul dimensional al pieselor din industria constructoare de masini 2015: Sisteme mecatronice inteligente pentru verificarea automata a etanseitatii peretilor pieselor turnate cu forme complexe 2018-2022 Nucleu: PN 19 24 05 02 Reabilitarea și asistarea persoanelor cu deficiențe locomotorii cu ajutorul sistemelor biomecatronice inteligente integrabile

Invenții și medalii	Co-autor Brevet invenție nr 122744 : Instalație de control al pieselor cu protecția completă și automată a operatorului Medalia de aur la EUREKA Brussel 2010: “Installation of control of parts with full protection and automatic operator” și la Geneva Salon International des Inventions 2010: “Installation de controle de pieces avec un protection complete et automatique de l’opérateur”
Lucrari elaborate si/sau publicate	Lucrări elaborate pentru S.C. Dacia Renault S.A.: Instalație alegere tacheți cu mobilă dinamică, Mașină de verificare tacheți, Dispozitiv demontat capace palier, Instalatie de verificat carter ulei, Paletă montaj BAP, Instalații de control etanșeitate pentru : capac chiulasă; rampă injector; chiulasă asamblată; carter ambreiaj; carter mecanisme; suport bucșă etanșare; carter ulei „Personal methodology and programme on measurement and control devices capability for prismatic parts (CDMC-PC)” - International Conference in Mechatronics and Precision Engineering, COMEFIM’8, Cluj-Napoca, 2006 “Planning and programming elements of prismatic part in 3Dmodel” and “Air_leakage Testing Installation for Clutch Casing/Gear Box Housing” at the 5th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration on promoting Advanced Technologies in Manufacturing- WESIC’07 „Intelligent Machine for Dimensional Control and Marking “Power Transfer Unit” for the Auto Subassemblies in Large-Scale Series Production”, IEEE - Proceedings of International Conference on Mechatronics, ICM 2011, 13-15 aprilie 2011, Istanbul, Turcia, indexat Scopus

„Mechatronic Intelligent Unit for Tightness Checking (Negative Pressure/vacuum) Reverse Module TL8 – Machined”, IEEE - Proceedings of International Conference on Mechatronics, ICM 2011, 13-15 aprilie 2011, Istanbul, Turcia, indexat Scopus

“The positioning errors generated by Xsens MVN inductive system during the analysis of „push-ups” exercise, using the „single level” scenario, before and after the calling of "REPROCESS" function”, International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics Volume 2018, Issue 4, Pages 120 - 133, indexat Scopus

“Intelligent Devices For Transporting Parts Between Processing Systems, Ultra-Precise Cyber-Mechatronic Systems For Industrial And Laboratory Control (For Molded Parts In The Automotive Industry) And The Assembly Line” Proceedings of 4th International Conference on Mechatronics and Cyber-MixMechatronics ICOMECYME 2020, Springer Publishing House, indexat Scopus

“Analysis of current methods for leakage part detection” IJOMAM, International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics 2(10), pp. 111-118, 2021, indexat Scopus

“Is Romania Ready for the Development of Smart Industry (4.0)?” Proceedings of 4th International Conference Innovation in Engineering ICIE 2021, Portugal, Springer Publishing House, **Indexat ISI**

“Original constructive solutions for the Development of Industry 4.0 in Romania” Proceedings of 4th International Conference Innovation in Engineering ICIE 2021, Portugal, Springer Publishing House, **Indexat ISI**

“Programmable mechatronic system used to implement complex 3D motion cyclograms”, International Journal of Mechatronics and

Applied Mechanics Volume 2022, Issue 12,
Pages 35 - 40, indexat Scopus
“Electronic air operated apparatus for tighness
measurement and detection used in automotive
industry”, International Journal of
Mechatronics and Applied Mechanics Volume
2022, Issue 12, Pages 177 - 181, indexat
Scopus
“A simple educational intelligent speed
detection system for road vehicules”,
International Journal of Mechatronics and
Applied Mechanics Volume 2022, Issue 12,
Pages 6 - 11, indexat Scopus