
Anexa: Dotarea laboratoarelor de cercetare

Laboratorul de roboți și sisteme mecatronice

În cadrul laboratorului se desfășoară cercetări teoretice și aplicative asupra tuturor tipurilor de echipamente utilizate în procesele de fabricație. Din aceasta categorie fac parte roboții industriali seriali și roboții mobili. Astfel, dotarea laboratorului include roboți industriali seriali cu șase grade de libertate de tip **KUKA KR 210, KR 6-2 și ABB 1400**.

Cu ajutorul roboților KUKA a fost amenajat un stand experimental care permite studiul procedurii de deformare incrementală utilizând roboții industriali ca echipament tehnologic de prelucrare. Utilizarea roboților industriali permite generarea unor traiectorii complexe și implicit obținerea prin procedeul de deformare incrementală a unor piese cu forme de complexitate ridicată.

Cercetările teoretice și experimentale din cadrul laboratorului de automatizări și roboți sunt facilitate și de pachetele software **Matlab & Simulink, B&R Automation Studio, ABB Robot Studio, KUKA KRC și Technosoft Easy Motion**.

Pentru aprofundarea cercetărilor experimentale în domeniul deformării incrementale cu ajutorul roboților industriali, laboratorul a fost dotat și cu două brațe robotice de la producătorul ABB, modelul **IRB 1200**. Ambii roboți sunt echipați cu șase grade de libertate și permit o mișcare sincronizată. Aceștia sunt utilizați pentru a studia algoritmi de control și coordonare, având ca scop asigurarea preciziei și eficienței în procesele de fabricație. De asemenea, roboții ABB permit modelarea și simularea proceselor de deformare, contribuind la determinarea comportamentului materialelor și la optimizarea parametrilor de proces.

Un alt echipament cu care este dotat laboratorul de roboți și sisteme mecatronice este **Celula FANUC**. Aceasta permite dezvoltarea aptitudinilor practice în programarea roboților și în automatizare prin integrarea facilă a diverselor dispozitive periferice. Echipamentul include un robot industrial **ER-4iA** cu șase axe de mișcare, teach pendant, cameră monocromă industrială **CMOS SC130EF1 B/W** și controler **R-30iB Mate Plus**. ER-4iA asigură flexibilitate și dexteritate ridicate, fiind dotat cu un efector final electric **EGP 40-N-N-B** de la producătorul Schunk, ideal pentru manipularea pieselor mici. Acest echipament permite realizarea unei game largi de studii de cercetare, cum ar fi programarea avansată a roboților, integrarea sistemelor prevăzute cu senzor vizual, automatizarea proceselor industriale, manipularea cu precizie a obiectelor și interconectarea

dispozitivelor periferice. Celula Fanuc oferă astfel o platformă completă și flexibilă pentru dezvoltarea competențelor necesare în domeniul roboticii și al automatizării industriale.

Pentru validarea aspectelor experimentale, se poate utiliza software-ul **Roboguide**, fiind disponibile 20 de licențe în cadrul laboratorului. Roboguide presupune o interfață de acomodare cu programarea și controlul roboților, testându-se astfel în prealabil aplicațiile ce urmează a fi reproduse apoi pe robotul real.

Un alt echipament aflat în cadrul acestor laboratoare este robotul colaborativ **UR3e**. Acesta permite realizarea de aplicații de manipulare a pieselor cu dimensiuni mici cu ajutorul efectorului final **2F-85**, având o capacitate de încărcare de până la trei kg. Robotul este echipat și cu o cameră compactă de la **Robotiq**, ce poate fi utilizată pentru recunoașterea și sortarea pieselor. De asemenea, aplicațiile practice pot fi testate prin utilizarea simulatorului software **URSim** care reproduce mediul de programare și mediul de operare ale roboților UR. Procesul de programare și de cercetare ce se poate realiza prin intermediul robotul UR3e este facilitat și de existența unei baze de date structurate sub formă de cursuri interactive pe platforma UR Academy.

Pentru dobândirea aptitudinilor legate de programarea roboților industriali colaborativi, laboratorul dispune și de un robot colaborativ **Yumi Dual-arm** (IRB 14000) de la producătorul ABB, ce poate fi integrat în celule flexibile de fabricație. Cele două brațe cu șapte grade de libertate oferă un nivel ridicat de dexteritate și flexibilitate pentru o gamă largă de sarcini. Acest tip de robot este utilizat pentru studierea cinematicii și dinamicii roboților seriali redundanți, folosind mediul de dezvoltare MATLAB-Simulink. Cercetările bazate pe acest sistem robotic se concentrează pe identificarea algoritmilor și metodelor eficiente energetic pentru parcurgerea traiectoriilor impuse.

În cadrul acestui laborator, se desfășoară activitățile de cercetare aplicativă pentru realizarea platformelor robotice multifuncționale cu care echipele studențești Cybertech și Powerbot au obținut rezultate remarcabile la concursurile naționale **RObotX** (Locul 1/2 (2015, 2016, 2017, 2018, 2019) și internaționale **EUROBOT** (locul 10/18-2015, Yverdon les Bains, Elveția, locul 5/6-2016, Le Kremlin Bicetre, Franța, locul 21/12-2017, Roche sur Yon, Franța, locul 7/14- 2018, Roche sur Yon, Franța, locul 5/12-2019, Roche sur Yon, Franța).

În dotarea laboratorului se află diverse sisteme de acționare pneumatice și hidraulice provenind de la firmele **FESTO** și **SMC**. Una dintre bazele experimentale și didactice ale laboratorului (sala IM 203) a fost recent modernizată (în anul 2019) cu sprijinul financiar al companiei Continental.

Dintre sistemele pneumatice avansate din dotarea laboratorului se pot aminti modulele educaționale pentru instruire în pneumatică și electropneumatică **FESTO TP 101**, **FESTO TP 102** și **FESTO TP 201**, precum și modulul mecatronic de instruire **FESTO MPS 202**, și stația **MPS 402-1 R** ce reprezintă o platformă de învățare avansată și cercetare creată de Festo, proiectată pentru simularea și optimizarea proceselor de producție industriale. Acest sistem modular integrează tehnologii moderne pentru automatizare și control, oferind module pentru asamblare, manipulare materiale, testare și inspecție. Sistemul educațional pentru ilustrarea și integrarea conceptelor Industry 4.0, are un grad ridicat de modularitate care asigură o cale de învățare clară și gestionabilă, formată din module de la stații până la o fabrică de instruire controlată de software. Mediul software didactic din jurul unui MES (Manufacturing Execution System) special dezvoltat pentru uz didactic oferă acces facil la subiecte software complexe în mediul de automatizare a fabricii. Procesul de învățare este susținut de medii moderne, cum ar fi codurile QR și AR pentru furnizarea de informații, precum și interacțiunea cu sistemul de învățare bazat pe realitate augmentată.

Stația **MPS 402-1 R** este o platformă versatilă și esențială pentru cercetarea și dezvoltarea în automatizarea industrială. Aceasta susține o gamă variată de activități de cercetare, inclusiv testarea și validarea noilor tehnologii în automatizare, optimizarea proceselor de producție prin simulare și evaluarea comparativă a performanței diferitelor configurații și tehnologii. De asemenea, servește ca instrument avansat de educație, permitând studenților să învețe și să experimenteze cu practici și principii ale automatizării industriale. Prin integrarea cu tehnologii emergente precum IoT industrial, machine learning și realitate augmentată, **MPS 402-1 R** facilitează explorarea unor noi direcții și dezvoltarea de soluții inovatoare pentru industria viitorului. Împreună cu acesta stație de lucru este integrat și robotul mobil Robotino ce este o platformă avansată de robot mobil dezvoltată de Festo, proiectată pentru a fi folosită în educație, cercetare și aplicații industriale.

Robotino este robust și versatil, fiind capabil să navigheze eficient în diferite medii și condiții de lucru, fiind utilizat pentru sarcini precum transport, inspecție și manipulare de obiecte. Programarea și controlul acestuia se realizează folosind medii de programare moderne, cum ar fi ROS (Robot Operating System), ceea ce facilitează dezvoltarea aplicațiilor complexe și integrarea cu alte sisteme. În mediul educațional, acest tip de robot mobil poate fi folosit pentru a instrui studenții în programarea și managementul roboților mobili, pregătindu-i pentru viitoarele cariere în robotică și automatizare. În domeniul cercetării, Robotino este utilizat pentru testarea și dezvoltarea de noi tehnologii, explorând potențialul aplicațiilor autonome și inteligente în diverse industrii.

Toate aceste module sunt controlate prin pachetul software **FluidSIM**. Acesta este un software destinat cercetării sistemelor fluide, incluzând domeniile pneumatică, hidraulică și inginerie electrică. Dezvoltat pentru a facilita simularea și proiectarea de înaltă precizie, FluidSim 6 oferă o platformă integrată care sprijină dezvoltarea și optimizarea instalațiilor pneumatice, electrice și hidraulice.

FluidSim 6 permite simularea detaliată a sistemelor pneumatice și hidraulice în timp real, oferind cercetătorilor instrumente pentru a analiza și modela comportamentul acestora cu o rată de procesare a semnalului de până la 10 kHz. Aceasta este esențială pentru explorarea și testarea aplicațiilor de automatizare. Software-ul acoperă o gamă largă de aplicații, de la pneumatică și electropneumatică la hidraulică și electrohidraulică. În domeniul ingineriei electrice, FluidSim 6 permite proiectarea și simularea schemelor electrice de curent continuu și alternativ. Funcționalitățile sale avansate includ simularea și monitorizarea proceselor industriale esențiale pentru îmbunătățirea performanței și a stabilității sistemelor. Un aspect cheie al FluidSim 6 este suportul pentru crearea și gestionarea diagramelor GRAFCET, facilitând cercetarea strategiilor de control și optimizarea proceselor de automatizare. Capacitatea de a simula erori și de a monitoriza procesele în timp real oferă un mediu robust pentru testarea și validarea sistemelor de control.

FluidSim 6 se integrează cu diverse echipamente și PLC-uri, permițând conectivitatea cu controlere, sisteme reale și software-uri de simulare 3D. Această flexibilitate este benefică ariilor de cercetare ingineresti. Astfel, se pot testa și controla sisteme complexe într-un mediu integrat și adaptabil. Software-ul este echipat cu resurse educaționale complete și opțiuni flexibile de licențiere, fiind ideal pentru utilizarea în cercetare și educație. FluidSim 6 nu este doar un instrument de simulare; este o platformă de cercetare care facilitează inovația în domeniul sistemelor fluide.

De asemenea, laboratorul dispune de sistemul mecatronic modular **FESTO MecLab**, destinat realizării de cercetări privind construcția modularizată, comanda și programarea sistemelor mecatronice. Tot din domeniul sistemelor mecatronice avansate, din dotarea laboratorului face parte sistemul bi-axial cu motoare electrice pas cu pas și motoare pneumatice liniare **SMC MAP 202**.

Sistemele de automatizare din laborator se bazează pe automatele programabile de ultimă generație **Siemens SIMATIC S7 1200 (6 buc.)**, programate cu ultima versiune a pachetului software **Siemens TIA Portal v. 15. (6 posturi de lucru)**.

În dotarea laboratorului se găsesc și sistemele de automatizare bazate pe plăci cu microcontrollere **ATMEL AVR, Arduino Nano (12 buc.) și Arduino Mega (12 buc.)**.

De asemenea, laboratorul dispune de echipamente pentru fabricație aditivă, dintre care se remarcă imprimanta **3D Ultimaker 3 Ext.**, care permite realizarea unor piese complexe din punct de vedere al formei, cu proprietăți mecanice comparabile cu ale celor realizate prin procedee de prelucrare extractivă (așchiere).

În cadrul laboratoarelor centrului de cercetare au fost proiectați și construiți o serie de roboți mobili de serviciu.

Robot autonom de tuns gazonul

Robotul mobil oferă oportunități pentru testarea și perfecționarea algoritmilor de navigare autonomă, esențiali pentru operarea eficientă a sistemelor mecatronice. De asemenea, robotul facilitează îmbunătățirea tehnicilor de detecție și evitare a obstacolelor, prin intermediul senzorilor integrați. Ajustarea automată a parametrilor de tăiere și mișcare în funcție de teren este o altă direcție de cercetare, care poate conduce la optimizarea performanței robotului în diferite medii. Analizarea și îmbunătățirea siguranței și fiabilității în utilizare și întreținere sunt esențiale pentru asigurarea unei funcționări continue și eficiente. Robotul are aplicații variate în parcuri, grădini, terenuri sportive și spații industriale, demonstrând un potențial vast de utilizare în întreținerea spațiilor.

Robot autonom de colectare a mingilor de tenis

Robotul autonom de colectare a mingilor de tenis este echipat cu un sistem de locomoție diferențial, care îi permite deplasarea eficientă, un sistem de colectare adaptiv și un sistem senzorial complex pentru detectarea și colectarea mingilor de tenis. Subansamblul de colectare permite strângerea mai multor mingi simultan și ajustarea înălțimii de colectare în funcție de suprafața de joc, ce poate fi netedă și dreaptă – în cazul terenului de ciment – sau neuniformă, în cazul terenului de zgură. Localizarea mingilor este realizată cu ajutorul unei camere programate să identifice culoarea verde a acestora. Senzorul vizual oferă pentru fiecare obiect detectat o serie de patru valori, care sunt ulterior integrate în strategiile de navigare. Robotul de colectare oferă posibilitatea realizării unor studii de cercetare legate de analiza tipurilor de detecție a mingilor pe teren și influența factorilor de mediu, precum lumina, asupra performanței sistemului mecatronic. O altă direcție de cercetare vizează strategiile de navigare folosite pentru deplasarea robotului, cu scopul eficientizării procesului de colectare.

Platforma mobilă modulară este dezvoltată pentru a utiliza module direct conectate între ele, fără a fi nevoie de un cadru suplimentar specific unei anumite configurații. Forma geometrică de bază a modulelor este un hexagon care permite realizarea unității robotice cu diverse module

componente. Acest tip de platformă mobilă poate fi integrată într-o serie de cercetări ce investighează modul în care caracteristicile sistemului de locomoție, în special tipurile de roți și configurațiile structurale, pot afecta capacitatea roboților autonomi de a se deplasa eficient și de a îndeplini sarcini specifice în medii industriale variate. Această abordare modulară oferă flexibilitate în adaptarea roboților mobili și a vehiculelor autonome pentru a face față unor aplicații complexe.

Laboratorul de testare a materialelor multifuncționale

Laboratorul include mai multe echipamente destinate încercărilor / testelor distructive (tracțiune, compresiune, încovoiere, torsiune) în regim static, prin intermediul cărora se pot determina caracteristicile mecanice și elastice ale diverselor materiale testate. Dintre acestea amintim:

- Mașină universală de încercare (tracțiune, compresiune, încovoiere) **Quasar 25**, pentru încercări în regim static, produsă de firma Galdabini. Această mașină este un sistem rigid, cu două coloane cu capacitate maximă de 25 kN, potrivită pentru testarea epruvetelor realizate din materiale metalice, plastice, compozite precum și alte materiale. Mașina prezintă o rezoluție extrem de mare a citirilor de sarcină și cursă, precum viteza minimă de testare de 0.0005 mm/min, pentru performanțe ridicate și rezultate exacte și este dotată cu extensometru pentru măsurarea deformațiilor specifice. Mașina dispune de **softul GraphWork** care permite crearea de metode de testare specifice diferitelor standarde. Această mașină este fabricată de o companie certificată ISO 9001.

- Mașină universală de încercare a materialelor textile (fire, fibre, tricotaje și țesături) **Titan 2 Universal model 710**. Mașina poate suporta o gamă largă de încărcături, de la forțe mici până la cele mai mari, capacitate de încărcare maximă fiind de 3 kN. Această mașină de încercare poate efectua o varietate de teste, inclusiv teste de tracțiune, compresiune, încovoiere și cicluri de încărcare-descărcare, fiind ideală pentru laboratoarele de cercetare și dezvoltare, precum și pentru controlul calității în producție.

- Mașină pentru încercare la torsiune (răsucire) model **ETT202X**, produsă de firma **Wance**, care permite testarea la torsiune a epruvetelor cu diametrul cuprins între 1 mm și 10 mm, la o viteză de încercare de 30/60/90 rot/min în sens orar sau antiorar. Putând fi astfel testate epruvete din aluminiu, oțel, cupru sau alte materiale metalice sau nemetalice.

Mașina poate dezvolta un cuplu maxim: 200 Nm. Putere maximă a mașinii este de 1.5 kW,

mașina dispunând de un controller DTC 500, precum și de soft dedicat TestPilot, care permite realizarea de metode de testare specifice diferitelor standarde

- Durimetru universal **Insize** destinat pentru determinarea durtății Brinell / Rockwell / Vickers, pentru toate tipurile de metale și aliaje, dure și moi de forme diferite. Principalele caracteristici ale acestui durimetru: Sarcina Rockwell: 98N; Sarcina Brinell: 306, 613, 1839N; Sarcina Vickers: 294N; Sarcina totală 588, 980, 1471 N; Mărire imagine: 37.5X / 75X (selectabil).

- **Traductorul de forță pe trei direcții, PCB Piezotronics, model 261A13**, capabil de a măsura forțe maxime de până la 17,7 kN pe axele X și Y, și până la 44,48 kN pe axa Z. Sensibilitatea acestuia este de 7,19 pC/N pentru axele X și Y, și de 3,37 pC/N pentru axa Z. Pentru amplificarea semnalului, laboratorul dispune și de un **amplificator digital de sarcină HBM, model PACeline CMD 600**, care furnizează un semnal de ieșire unificat, variind între 0 și 10 V. Corelarea între domeniul de variație al semnalului de intrare de la 0 la 10 V și domeniul de măsurare al traductorului este realizată astfel: 0 – 17,7 kN pentru forțele F_x și F_y , și 0 – 44,48 kN pentru forța F_z .

- Captor de forță **Chatillon DFS II 2500 N** care poate fi utilizat atât la măsurarea forțelor de tracțiune cât și a celor de compresiune.

- **Instalație (kit) pentru vacuumare**, utilizat în procesul de obținere a epruvetelor realizate din rășini epoxidice sau siliconi, în vederea eliminării bulelor de aer ce pot apărea în procesul de mixare a componentelor rășinilor sau a siliconilor. Capacitate de aspirație: 4 CFM = 114 l/min, putere: 120 W, vacuum final: 5 Pa, material principal: oțel inoxidabil.

- Microscop metalografic, **Leica DM 1750M**, cu tub trinocular pentru lumina reflectată și camera foto de 3,1 MP, cu stand ergonomic cu construcție verticală pentru probe metalografice mari. Microscopul dispune de iluminare LED, cu led-uri de mare putere, cu durata de viață de minim 25.000 ore, cu iluminare suplimentară segmentată integrată pentru iluminarea oblică. Sistem de control al intensității luminoase. Posibilitatea de a varia unghiul iluminării oblice cu scopul de a avea o imagine cât mai bună a probei studiate. Metode de contrastare în lumina reflectată: cap luminos (BF) și iluminare oblică, posibilitatea de upgrade la lumina polarizată (POL) și contrast diferențial de interferență (DIC). Tub trinocular cu unghi de vizualizare de maxim 30°. Oculare de 10x cu câmp vizual de 20mm și protecție împotriva luminii parazite din

lateral, minim unul focusabil care să accepte reticul cu diametru de 24,5mm, pentru măsurători rapide. Masa microscopului permite deplasarea pe axele X/Y de 76mm x 50mm, cu suport pentru probe industriale, fiind acoperită cu ceramică, rezistentă la zgârieturi, cu posibilitatea de operare cu mâna stângă sau mâna dreaptă, care permite analizarea probelor cu înălțimea de maxim 80 mm. Focalizare prin macro și microviză cu posibilitatea de stabilire a poziției de maxim a focusului pentru a evita deteriorarea obiectivelor, cu sistem de reglare a tensiunii la deplasarea mesei pe verticală. Posibilitate de reglare pe înălțime a ansamblului macro-microviză. Turela pentru 6 obiective. Obiectiv planacromat de 5x pentru iluminare episcopică, cu apertură minim 0,12, distanța de lucru minim 11,7 mm. Obiectiv planacromat de 10x pentru iluminare episcopică, cu apertură minim 0,25, distanța de lucru minim 12 mm. Obiectiv planacromat de 20x pentru iluminare episcopică, cu apertură minim 0,40, distanța de lucru minim 1,15 mm. Obiectiv planacromat de 50x pentru iluminare episcopică, cu apertură minim 0,75, distanța de lucru minim 0,37 mm. Obiectiv planacromat de 100x pentru iluminare episcopică, cu apertură minim 0,85, distanța de lucru minim 0,33 mm. Camera foto digitală color cu senzor CMOS cu diagonala de minim 1/2”; rezoluție minim 3,1 MPixeli dimensiune fizică pixeli minim 3.2 x 3.2 μm. Posibilitate de transmisie live a imaginii în format de minim 1024 x 768 pixeli cu o rată de minim 30 cadre/s. Transmisie date prin USB3. Software-ul de achiziție imagini compatibile cu sistemele de operare Windows.

Laboratorul dispune și de echipamente destinate studiului stărilor de tensiune și de deformare din diverse structuri. Astfel:

- Sistem universal de achiziții de date, **Spider 8** cu 8 canale.
- Sistem universal de achiziții de date, **QuantumX MX840A** (de la HBM) cu 8 canale, dedicat testelor de laborator și tetelor de teren, rata de achiziție maximă de 192 kS/s, rezoluție 24 biți, acoperă o gamă variată de măsurători: mărimi termice, mecanice, electrice etc Sistemul accepta următoarele tipuri de traductoare: mărci tensometrice tip punte întreaga sau semi punte (excitație în curent continuu sau cu frecvența purtătoare 4.8kHz); mărci tensometrice tip sfert de punte cu ajutorul unui adaptor; traductori piezoelectrice cu excitație în curent (IEPE / ICP®); piezorezistiv tip punte întreagă; termorezistenta (PT100 / PT1000); termocupluri (tipurile K, N, R, S, T, B, E, J, C); rezistor pur ohmic; traductor potentiometric; inductiv tip punte întreagă sau semi punte, LVDT. Software-ul utilizat de

acest sistem, pentru monitorizarea, măsurarea și achiziția datelor în timp real ale forțelor este **CATMAN**, dezvoltat de National Instruments.

- **Stand fotoelastic** pentru determinarea stărilor de tensiune.

De asemenea, în vederea realizării unor simulări numerice cu ajutorul Metodei Elementelor Finite, laboratorul dispune de licențe academice (12) și de cercetare (1) pentru pachetul software **ABAQUS**, care permite simularea comportamentului mecanic a diverselor structuri în domeniul elastic și/sau plastic, utilizând curbele caracteristice tensiune – deformație specifică obținute în urma testelor fizice realizate în laborator .

Totodată, dintre echipamentele de destinate pentru investigarea materialelor utilizate în domeniul ingineriei textile aflate în dotarea laboratorului, menționăm:

- stereomicroscop **TRILUS 191G MESDAN**.
- micro dinamometru individual **ELTENS**.
- aparat **CROCKMASTER** model 670 pentru determinarea rezistenței la frecare a vopsirilor.
- aparat **NU-MARTINDALE** pentru abraziune și pilling (Universal Abrasion and Pilling Tester).

Trebuie menționat faptul că în cadrul laboratorului se desfășoară cercetări privind performanța materiilor prime și a materialelor obținute prin tehnologii avansate de modificare a suprafeței, caracterizarea fizico-mecanică și parametrii de confort ai produselor textile, investigarea modificărilor funcționale survenite prin aplicarea produselor naturale sau a acoperirilor realizate cu nano-particule metalice. Laboratorul are de asemenea în dotare și un aparat pentru determinarea rezistenței la frecare, aparat care oferă o caracterizare a uzurii în exploatare a materialelor obținute prin aplicarea tehnicilor de modificare a suprafeței mai sus menționate.

Laboratorul de echipamente și tehnologii de presare și injectare

Laboratorul de echipamente și tehnologii de presare și injectare include patru baze experimentale cu o suprafață totală de peste 200 metri pătrați, precum și săli pentru desfășurarea activităților teoretice de instruire, echipate cu toate facilitățile necesare (smart-board, videoproiectoare) și 3 rețele de calculatoare cu un total de 24 de posturi de lucru individuale.

Din dotarea laboratorului face parte mașina automată de testare a materialelor prin încercare la tracțiune, compresiune și flambaj **INSTRON 5587**, care permite determinarea proprietăților mecanice ale materialelor. Mașina are o capacitate în regim static de 300 kN permițând recunoașterea și calibrarea automată a traductoarelor de forță, deplasare și deformare.

De asemenea, din dotarea laboratorului face parte și mașina automată de testare a materialelor **INSTRON 4303**, având o capacitate în regim static 25 kN. În laborator se găsesc de asemenea diverse echipamente specifice pentru prelucrare prin deformare plastică a materialelor.

Unele dintre cele mai avansate echipamente utilizate în cadrul centrului sunt sistemele optice de măsurare a deformațiilor în plan și a reducerii grosimii la piesele deformate din tablă, **GOM ARAMIS** și **ARGUS**. Acestea permit măsurarea deformațiilor principale, secundare și echivalente pe piesele din tablă, în urma unei operații de deformare plastică la rece. De asemenea, este posibilă trasarea curbelor limită de deformare și a subțierii materialului în timpul procesului de deformare. Sistemele de măsurare a deformațiilor includ și pachete software pentru evaluarea și prelucrarea datelor, cu controlul înregistrării imaginii și postprocesare, scanare automată a unei serii de imagini, vizualizări 2D și 3D.

În dotarea laboratorului se află și cel mai recent model al sistemului de măsurare a deformațiilor specifice principale și secundare și a subțierii materialului, **GOM ARAMIS 12M**, care dispune de o rezoluție a camerelor de 12 megapixeli. Frecvența de achiziție a imaginilor poate fi de până la 5Hz la rezoluția maximă și 150Hz la o rezoluția minimă. Sistemul este utilizat în principal în cadrul testelor efectuate pe mașini de încercări dar și pentru alte aplicații de solicitare statice, cum ar fi procesele de deformare plastică a tablelor. Sistemul include și un suport cu coloană de dimensiuni mărite, cât și de o stație grafică utilizată la procesarea imaginilor achiziționate.

Laboratorul de echipamente și tehnologii de presare dispune de sistemul de măsurare optic **3D GOM ATOS CORE 200**. Acesta permite măsurarea unui spațiu maxim de 200 x 200 mm prin intermediul a două camere poziționate la marginea sistemului, astfel fiind posibilă analizarea geometriei pieselor prin metoda triangulației. Sistemul permite măsurarea și analizarea pieselor după procesele de deformare plastică. Din cadrul sistemului face parte și un suport rotativ pentru așezarea, fixarea și prinderea pieselor, cât și a pachetului software dedicat GOM INSPECT pentru analiza și interpretarea datelor.

În cadrul laboratorului se regăsește rugozimetrul **Mitutoyo Surftest SJ-411** utilizat la analizarea rugozității suprafețelor pieselor, fiind posibilă măsurarea rugozităților în funcție de diferite standarde precum EN ISO, VDA, ANSI și JIS. Rugozimetrul poate măsura o distanță orizontală de până la 25 mm, iar pe verticală are un domeniu de $\pm 400 \mu\text{m}$. Liniaritate orizontală pe toată cursa acestuia este de $0.3 \mu\text{m}$. Palpatorul are unghiul la vârf de 60° cu raza de $2 \mu\text{m}$. Acesta este însoțit de un suport cu coloană pentru fixare și un pachet software care facilitează salvarea măsurătorilor și generarea rapoartelor.

În cadrul laboratorului s-a proiectat funcțional-constructiv un dispozitiv care permite realizarea încercărilor Nakajima și Marciniak, precum și încercări de determinare a curbei limită de deformare (CLD). Dispozitivul de ambutisare este unul cu placă activă fixă având acționarea poansonului din partea inferioară. Acesta este compus dintr-o matriță de ambutisare, modulară, fixată pe masa dispozitivului, respectiv în partea inferioară, cilindrii hidraulici de acționare atât ai poansonului, cât și pentru placa de reținere. Elementele active ale matriței sunt: poansonul, placa activă și inelul de reținere; acestea sunt modulare, rapid schimbabile, astfel se poate realiza diferite tipuri de ambutisări, cum ar fi: piese cilindrice, conice și paralelipipedice.

Din grupa echipamentelor pentru prelucrare prin injectare, în laborator se găsește mașina de injectat mase plastice tip **ARBURG 170-90-200**, având o forță de închidere de 250 kN, o forță maximă de injecție de 91 kN, un volum maxim al piesei de 20 centimetri cubi și o presiune maximă de injecție de 3020 bari.

Tot din grupa mașinilor pentru injectare face parte și mașina de injectat mase plastice **ENGEL VC 210/50 seria 265302**, modelul din anul 2024, fiind o mașină de ultimă generație, pusă la dispoziție într-un sistem de tip custodie, de către firma ENGEL INJEȚIE S.R.L. România. Compania ENGEL actualizează permanent laboratorul cu ultimul model de mașină și echipamente periferice pentru a avea în permanență acces la noile tehnologii din domeniul injectării maselor plastice.

Pe lângă mașina propriu zisă, laboratorul a fost dotat și cu dispozitive auxiliare pentru procesele de injectare mase plastice: aspirator Koch tip 608, dozator de culoare tip KE-P4, chiller ONI LKKA 14. Mașina de injectare este dotată cu o serie de echipamente inteligente de învățare și conectivitate cum sunt IQ Clamp Control, IQ flow control, IQ weight control cât și echipamente auxiliare de conectivitate (EDGE Device) specifice contextului „*Industry. 4.0.*” De asemenea, compania ENGEL RO a echipat laboratorul cu 50 de licențe software CADMould de tip educațional, versiunea 17.0.1.4, acesta fiind un program dedicat pentru simularea procesului de injectare.

Laboratorul dispune de **echipamente pentru fabricație aditivă**, fiind echipat cu o varietate de imprimante 3D, fiecare oferind capacități unice pentru diferite tipuri de proiecte. **Ultimaker 3** și **Ultimaker 3 Extended** sunt imprimante FDM (Fused Deposition Modeling) cunoscute pentru precizia și fiabilitatea lor, ideale pentru prototipuri funcționale și piese de uz final, având un volum de construcție de 215 x 215 x 200 mm, respectiv 215 x 215 x 300 mm. **Creality Ender 5 Pro** este o imprimantă FDM accesibilă, dar robustă, perfectă pentru experimente cu diferite filamente și parametri de imprimare, având un spațiu de lucru de 220 x 220 x 300 mm. **FormLabs 2** utilizează tehnologia SLA (Stereolithography), ideală pentru realizarea de prototipuri detaliate, complexe și piese funcționale de înaltă calitate, cu un volum de construcție de 145 x 145 x 175 mm. **Markforged Mark Two** este specializată în imprimare FDM cu materiale compozite, permițând crearea de piese extrem de rezistente, adecvate pentru aplicații industriale și cercetare în domeniul materialelor avansate, având un spațiu de lucru de 320 x 132 x 154 mm. **CraftBot Flow IDEX** și cele două **CraftBot Plus Pro** oferă versatilitate prin extrudarea independentă dublă (IDEX), facilitând imprimarea cu două materiale diferite simultan și crearea de structuri de suport solubile, cu spații de lucru de 425 x 250 x 250 mm, respectiv 250 x 200 x 200 mm.

De asemenea, laboratorul beneficiază de o **gamă largă de filamente și rășini**, care includ materiale standard precum PLA și ABS, dar și materiale tehnice precum Nylon, polimeri armați cu fibră de carbon/sticlă, PETG, TPU și rășini foto-polimerice de diferite tipuri. Această diversitate materială extinde posibilitățile de cercetare, permițând cercetări detaliate în domenii precum optimizarea proceselor de imprimare, dezvoltarea de noi compozite, și analiza proprietăților mecanice și termice ale pieselor imprimate. **Stația de termoformare Mayku FormBox** completează capabilitățile laboratorului, oferind posibilitatea de a crea rapid matrițe și piese termoformate, utile pentru prototipuri rapide și producția în serie mică. Aceste dotări avansate

permit realizarea unor cercetări complexe și inovative, sprijinind dezvoltarea și testarea unor soluții noi în domeniul fabricației aditive.

Laboratorul de presare și injectare dispune de asemenea de o cameră de termoviziune care permite măsurarea temperaturii cu 4 spoturi, 4 arii, 3 izoterme DeltaT, precum și realizarea unei analize termice în timp real.

Dotarea laboratorului de echipamente și tehnologii de presare, tăiere și injectare este completată de pachetele software CAD (**Catia v5** și **SolidWorks**) și CAE (**ABAQUS**, **ANSYS**, **DynaForm**, **AutoForm**). De asemenea laboratorul dispune de un sistem performant de achiziții de date format din placa de achiziție de date **Keithley KPCI 3108** și pachetul software **TestPoint**.

Laboratorul de mașini-unelte și automatizări

Laboratorul de mașini-unelte și automatizări dispune de centrul de prelucrare prin frezare vertical, tip **Haas MiniMill**. Mașina dispune de echipament CNC de ultimă generație și este echipată cu magazie de scule cu 10 posturi. Echipamentul permite realizarea unor prelucrări complexe în 3 axe, prin frezare, găurire, alezare, filetare. De asemenea, pe mașină se desfășoară activități de instruire pentru programarea și operarea mașinilor unelte cu comandă numerică.

De asemenea, în dotarea laboratorului se afla un **simulator Haas**, care emulează panourile de comandă ale mașinilor cu comandă numerică de acest tip, atât a celor de frezare cât și a strungurilor. Simulatorul reprezintă un echipament performant, care completează în mod eficient activitățile practice în cadrul cursurilor de instruire.

Laboratorul este prevăzut și cu un Centru de Prelucrare Vertical UMC-500. Acesta este dotat cu un număr de cinci axe, dintre care trei axe de translație X, Y și Z și două axe de rotație, mai exact axele B și C. Prelucrarea în cinci axe constituie o variantă de a reduce numărul setărilor și pentru a crește precizia pentru piesele complexe, fiind soluția perfectă pentru prelucrarea 3+2 și prelucrarea simultană pe 5 axe a pieselor mai mici. Un avantaj important în prelucrarea pieselor complexe îl constituie și magazia de scule laterală de mare capacitate 30+1. De asemenea mașina este dotată cu sistemul fără fir de palpăre intuitivă, sistem care reprezintă un sistem automat de setare a punctului de zero piesă **RENISHAW** care servește și la măsurarea automată a lungimii sculelor.

Laboratorul dispune și de un centru de strunjire cu performanță ridicată din seria Haas **ST15Y** cu cinci axe, care este capabilă să ofere o flexibilitate ridicată, rigiditate extremă și

stabilitate termică ridicată. Centru de strunjire este dotat cu un număr de cinci axe, dintre care trei axe de translație X, Y și Z și o axă de rotație C și o axă suplimentară de translație B. Mașina dispune pe lângă arborele principal și de un arbore secundar.

Acest centru de strunjire este unul capabil, în condițiile în care dispune de o amprentă la sol mică, oferă totuși un spațiu de lucru generos permițând totodată prelucrarea de diametre mari. Centru de strunjire este dotat cu un arbore principal ce poate lucra la turații de 4000 de rotații pe minut. Capul revolver și ansamblul sculelor antrenate permite montare unui număr de 12 scule. Centrul de strunjire este dotat cu dispozitiv de prereglare a sculei automat și de sistem de palpare intuitiv fără fir pentru strunguri.

În laborator există de asemenea centrul de prelucrare cu 5 axe comandate numeric, **General Numeric 5AX**. Acesta este o mașina-unealtă cu comandă numerică realizată în construcție modulară, echipată cu controllerul software de tip arhitectură deschisă **Linux CNC**. Centrul de prelucrare permite realizare unor cercetări legate de cinematica și programarea mașinilor-unelte multi axiale.

Construcția modulară permite adăugarea/modificare/eliminarea cu ușurință a modulelor de tip axă numerică. Arhitectura software deschisă a controllerului CNC permite de asemenea realizarea de cercetări avansate privind controlul axelor numerice utilizând diferite strategii de reglare.

În laborator există de asemenea mașini-unelte cu acționare manuală pentru prelucrarea pieselor prin procesul de așchiere, printre care un strung de preciziei **Bernardo Profi 400 V** cu afișaj digital, o mașină de găurit și frezat **Bernardo KF 25 Pro** cu 3 axe și afișaj digital și o mașină de găurit de banc Bernardo TB 20 T.

Laboratorul de mașini-unelte este dotat și cu un polizor de banc **Bernardo DSA 200**, o foarfecă de banc pentru tăiat tabla, un fierăstrău cu bandă **Bernardo EBS 115** și un compresor mobil **Bernardo AC12**. De asemenea, în cadrul laboratorului se regăsesc diferite seturi de scule de prelucrare prin așchiere, precum: burghie, burghie în trepte, adâncitoare, alezoare, freze, cuțite de strung, mandrine cu pensete tip ER 40 pentru freze cu diametrul între 3 și 25 mm și seturi de tarozi și filiere. Cercetările asupra procedeele moderne de fabricație sunt facilitate prezența în laboratoru a echipamentului combinat de prelucrare prin frezare și scanare 3D, cu senzor piezoelectric **Roland Modela MDX 15**. Acesta dispune atât de o unitate de tip cap de scanare cât și de una de tip cap de

frezare, acestea putând fi schimbate cu ușurință între ele. În funcție de unitatea montată la un moment dat, echipamentul poate fi folosit ca **scanner 3D** sau ca **mini-centru de prelucrare prin frezare**. Echipamentul Roland Modela MDX 15 permite realizarea prin scanarea obiectului fizic a modelului 3D al acestuia, în diverse formate și apoi prelucrarea prin frezare, pe același echipament și fabricarea prin procedeul ingineriei inverse a unui nou exemplar din obiectul scanat.

În cadrul laboratorului se desfășoară cercetări privind precizia echipamentelor tehnologice de prelucrare. În acest scop este utilizată trusa **Renishaw QC 10** pentru evaluarea preciziei mașinilor unelte cu comandă numerică. Aceasta, utilizând un senzor inductiv de mare precizie și un pachet software dedicat, permite evaluarea erorilor la interpolare circulară și stabilirea măsurilor necesare pentru reducerea acestora.

În dotarea laboratorului se afla de asemenea un echipament **CNC General Numeric S6**. Acesta este un echipament CNC industrial modular, utilizat pentru echiparea mașinilor de prelucrat cu fascicul energetic (flacără oxiacetilenică, laser, plasma, jet de apă).

Pentru studiul tehnicilor de fabricație asistată de calculator (CAM), cât și pentru operarea și exploatarea echipamentelor amintite mai sus, laboratorul dispune de pachete software specifice, dintre care se pot aminti: **Roland Modela 4.0**, **FastCAM** (prelucrări cu fascicul energetic), **SprutCAM** (prelucrări prin frezare și strunjire), **NC Tuner** (optimizarea programelor CNC) precum și o licență de rețea cu 10 posturi a cunoscutului pachet software pentru realizarea și simularea programelor CNC, **CIMCO Edit**.

Laboratorul dispune de asemenea de o dotare hardware ce permite realizarea unor sisteme modulare, flexibile, de automatizare a proceselor de fabricație, cum ar fi **Festo Edutrainer** ce este o platformă educațională modulară, concepută pentru a facilita învățarea și aplicarea conceptelor de automatizare și control industrial. Sistemul din cadrul laboratorului, este compus din 6 automate programabile Siemens **Simatic S7-1215C**, care oferă capacități avansate de control și monitorizare a proceselor. Pe lângă acestea, sunt incluse 6 panouri operator Siemens **HMI KTP700**, care asigură o interfață intuitivă pentru utilizatori, facilitând interacțiunea și controlul sistemelor automatizate. De asemenea, cele 6 switch-uri **Ethernet Siemens XB005** permit o conectivitate robustă și fiabilă între componentele sistemului, asigurând o comunicare eficientă și rapidă în cadrul rețelei de automatizare. Sistemul include licențe **TIA Portal V18**, oferind un mediu de programare integrat și avansat pentru proiectarea, programarea și diagnosticarea sistemelor de automatizare. În cercetare, acest echipament poate fi folosit pentru dezvoltarea și testarea noilor tehnologii, simularea și optimizarea proceselor industriale complexe, și pentru prototiparea rapidă a noilor concepte. De

asemenea, poate sprijini cercetările interdisciplinare, combinând ingineria, informatica și robotica pentru a dezvolta soluții avansate în domenii emergente precum IoT industrial și sisteme cibernetico-fizice. Edutrainer este un instrument valoros pentru formarea continuă, contribuind la dezvoltarea competențelor necesare în cercetarea avansată și facilitând colaborările dintre universități și industrie. Dintre modelele existente în laborator sunt de menționat automatele programabile **Siemens Simatic S7 300 (4 buc.)**, **S7 200 (1 buc)**, **Omron CPM2A (1 buc)**, **Omron CP1E (1 buc.)**, **Allen Bradley Micro 850 (1 buc.)** precum și automatele **Telemecanique**, **Bernecker & Reiner** și **Moeller** (câte 1 buc din fiecare).

Programarea automatelor programabile din laborator se face utilizând pachete software specifice, cum ar fi **Siemens TIA Portal V18**, **Simatic STEP 7 MicroWin**, **Allen Bradley by Rockwell Factory Talk Telemecanique Twidosoft**, **Omron Syswin**.

În laboratorul de automatizări se desfășoară cercetări asupra sistemelor de control al mișcării în scopul dezvoltării unor echipamente CNC modularizate și reconfigurabile.

Dintre standurile experimentale utilizate în acest scop se remarcă sistemul de control al mișcării pe trei axe compus din servomotoare sincrone **Bernecker & Reiner**, cu magneți permanenți, echipate cu traductoare numerice pe arborele motor, variatoare de turație (servodrivere) și software de programare. Sistemul are o arhitectură specifică echipamentelor CNC industriale, dar spre deosebire de acestea, este realizat în structură deschisă, permițând realizarea unor cercetări privind studiul și implementarea diferitelor strategii de control al mișcării.

De asemenea, laboratorul dispune de un sistem de control al mișcării pe o axă cu plăci DSP (digital signal processing) **Technosoft ISCM 4085**. Acesta este un sistem de dezvoltare care permite studiul prin simulare și testare experimentală a unor strategii avansate de control al mișcării, implementate la nivelul procesoarelor de semnal de pe placa DSP.

Director de departament,

Conf. univ. dr. ing.  **Audalia GÎRJOB**