

Opis potencjału badawczego i wyposażenia laboratoriów wchodzących w skład

Instytutu Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa

Instytut Techniki Uzbrojenia Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa WAT dysponuje trzema laboratoriami, w ramach których działa osiem pracowni.

LABORATORIUM ARTYLERII I BALISTYKI

Laboratorium Artylerii i Balistyki (LBA), działające w Zakładzie Artylerii i Balistyki ITU WML WAT, zawiera dwie pracownie: Pracownię Badań Doświadczalnych Balistyki (PBB) oraz Pracownię Modelowania Zjawisk Balistyki (PMB).

PRACOWNIA BADAŃ DOŚWIADCZALNYCH BALISTYKI

Pracownia Badań Doświadczalnych Balistyki (PBB) dysponuje bazą naukowo-badawczą, umożliwiającą prowadzenie badań eksperymentalnych zjawisk balistyki: wewnętrznej, przejściowej, zewnętrznej i końcowej, w tym badań właściwości energetyczno-balistycznych stałych materiałów miotających (prochów) i stałych paliw raketowych, takich jak: ciepło spalania; siła prochu, kowolumen gazów prochowych, współczynniki prawa szybkości spalania (m.in. według procedur STANAG 4115, MIL STD 286B), impuls jednostkowy ciągu; funkcja ciśnieniowa i temperaturowa stałych paliw raketowych.

Ponadto w pracowni wykonuje się badania doświadczalne charakterystyk dynamicznych pracy lufowych prochowych układów miotających kalibru 4,6-12,7 mm standardu C.I.P i NATO EPVAT (ciśnienie gazów w przestrzeni zapociskowej lufy) oraz charakterystyk lotu pocisków (prędkość i skupienie pocisków w odległości do 50 m od wylotu lufy).

Pracownia Badań Doświadczalnych Balistyki dysponuje tunelem strzeleckim o długości 50 m oraz wyspecjalizowaną aparaturą naukowo – badawczą:

- stanowisko do pomiarów ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej przewodu lufy podczas strzału;
- układ optoelektroniczny B-470 firmy HPI do wyznaczania prędkości pocisków strzeleckich na torze lotu;
- układ optoelektroniczny B-571 firmy HPI do wyznaczania prędkości i skupienia pocisków strzeleckich;
- komory manometryczne B-180 firmy HPI o objętościach 25, 200 i 700 cm³ do badań pirostatycznych stałych materiałów miotających;
- stanowisko do pomiarów ciśnienia gazów w komorze spalania i ciągu laboratoryjnych silników raketowych na paliwo stałe;
- stanowisko do badań zjawisk balistyki z wykorzystaniem układu kamer do zdjęć szybkich oraz rentgenografii impulsowej wykorzystujące 4-kanałowy system Scandiflash SCF450;
- kalorymetr KL-12 do wyznaczania ciepła spalania;



Fot. Stanowisko do pomiarów ciśnienia gazów prochowych w przestrzeni zapociskowej przewodu lufy



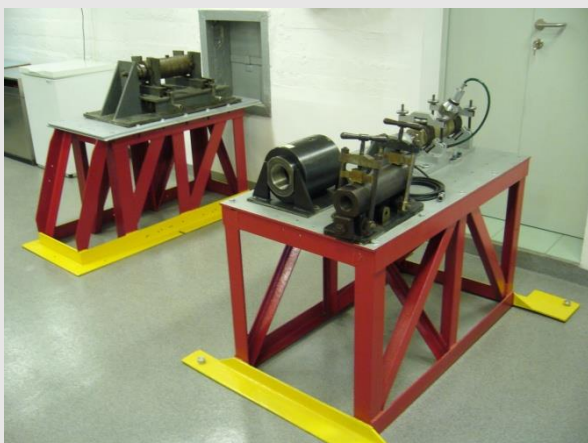
Fot. Stanowisko do wyznaczania prędkości pocisków strzeleckich na torze lotu – układ B-470



Fot. Stanowisko do wyznaczania prędkości i skupienia pocisków strzeleckich – układ B-571



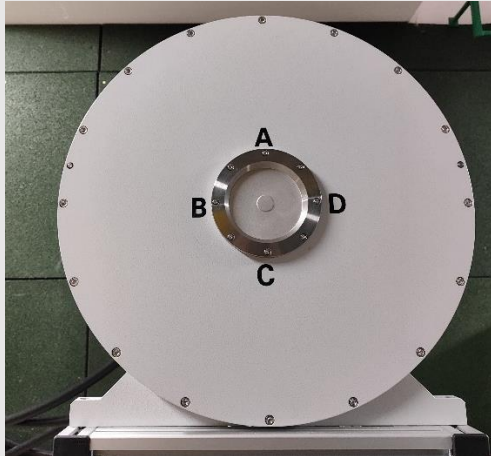
Fot. Komory manometryczne B-180 o objętościach 200 cm³ i 700 cm³ do badań pirostatycznych stałych materiałów miotających



Fot. Stanowiska do pomiarów ciśnienia gazów w komorach spalania i ciągu laboratoryjnych silników raketowych na paliwo stałe i ciągu raketowego



Fot. Kalorymetr KL-12



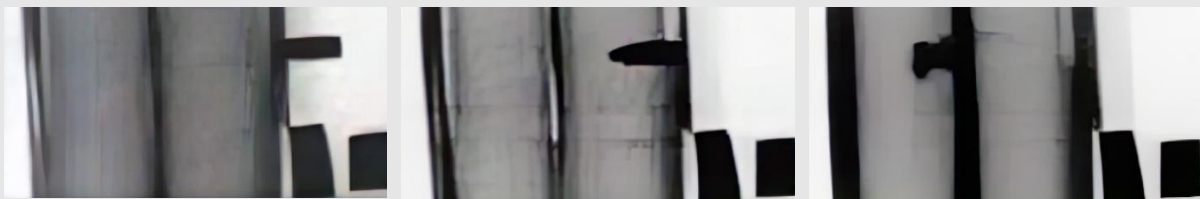
Fot. Lampa wieloanodowa XT 450-4C MAT



Fot. Układ sterujący systemu SCF450



Fot. Stanowisko do badań zjawisk balistyki końcowej z wykorzystaniem układu kamer do zdjęć szybkich oraz rentgenografii impulsowej



Fot. Wizualizacja wybranych faz procesu oddziaływania pocisku ze strukturą warstwową
(a: $t = 0$; b: $t = 16 \mu\text{s}$; c: $t = 48 \mu\text{s}$) <https://scandiflash.com/556-ballistics-with-flash-x-ray-cinematography/>

Ponadto Pracownia Badań Doświadczalnych Balistyki dysponuje gazowym (helowym) układem miotającym, wykorzystywanym do badań właściwości dynamicznych materiałów.

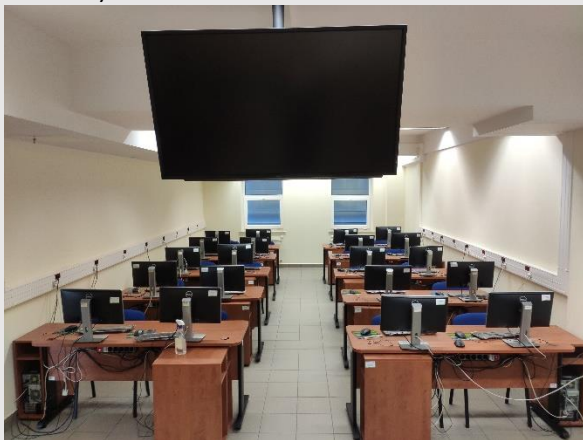
Działalność naukowo – badawcza Zakładu Artylerii i Balistyki realizowana w oparciu o potencjał Laboratorium Artylerii i Balistyki jest skupiona w obszarach:

- teoretycznych metod podbudowujących; projektowanie i eksploatację urządzeń mechatronicznych, ze szczególnym uwzględnieniem artylerii lufowej i raketowej;

- badań dynamicznych broni lufowej i raketowej;
- procedur i algorytmów skutecznego wykorzystywania artylerii na współczesnym polu walki, w tym systemów kierowania ogniem;
- badań eksperymentalnych właściwości stałych materiałów miotających i paliw raketowych;
- badań eksperymentalnych prochowych układów miotających i raketowych układów napędowych;
- badań eksperymentalnych zjawisk balistyki wewnętrznej, przejściowej, zewnętrznej i końcowej;
- rozwijania metod modelowania zjawisk balistyki, dynamiki lotu i mechaniki wybuchu;
- analizy oddziaływania wybuchu na różnego typu materiały i obiekty techniczne.

PRACOWNIA MODELOWANIA ZJAWISK BALISTYKI

Pracownia Modelowania Zjawisk Balistyki (PMB) zajmuje się modelowaniem i symulacją numeryczną zjawisk balistyki wewnętrznej, przejściowej, zewnętrznej i końcowej w środowiskach: PASCAL, MATLAB, PRODAS, CFD ANSYS FLUENT, ANSYS AUTODYN i ANSYS LS-DYNA. Ponadto, pracownia specjalizuje się w rozwiązywaniu problemu głównego balistyki wewnętrznej (PGBW) lufowych układów miotających zbudowanych w układzie klasycznym (w tym według STANAG 4367), układów miotających nieklasycznych (moździerzowych, dwukomorowych, bezodrzutowych, z ładunkiem wędrującym, z dodatkowym zespołem napędowym) oraz silników raketowych na paliwo stałe. Inne rodzaje realizowanych badań obejmują m.in.: modelowanie, identyfikację i badania numeryczne dynamiki lotu obiektów balistycznych (w tym według STANAG 4355), analizę numeryczną ruchu pocisku w okresie przejściowym, badania numeryczne propagacji i oddziaływania uderzeniowej fali podmuchu oraz badania numeryczne oddziaływania różnego rodzaju obiektów na struktury ochronne (w tym pancerze).



Fot. Sala komputerowa nr 31

Zainstalowane oprogramowanie wraz z licencjami edukacyjnymi obejmuje takie aplikacje jak:

- Matlab – do nauki programowania oraz numerycznych symulacji zjawisk fizycznych;
- Solid Edge oraz Solid Works – do modelowania bryłowego mechanizmów oraz analizy kinematycznej i wytrzymałościowej. W oprogramowaniu możliwe jest także wykonywanie rysunków wykonawczych oraz złożeniowych.
- Ansys LS DYNA – do obliczeń zjawisk szybkozmiennych pod dużymi obciążeniami. Umożliwia symulację zderzeń pojazdów, zniszczeń mechanizmów czy też zjawisk balistyki końcowej.
- Ansys Fluent – do obliczeń mechaniki płynów, służy studentom do zapoznania się ze zjawiskami opływu obiektów lub wypływu gazów;
- Mechanical – do obliczeń wytrzymałościowych w układach statycznych i dynamicznych. Studenci zapoznają się z metodami wyznaczania stateczności oraz drgań własnych obiektów mechanicznych.

- PRODAS - do obliczeń z zakresu balistyki wewnętrznej, zewnętrznej i końcowej;
- Geomagic – do analizy chmury punktów pochodzących ze skanerów i adaptacji ich do powierzchni i obiektów bryłowych;
- Windopp – do obliczeń trajektorii oraz charakterystyk aerodynamicznych pocisku na podstawie zarejestrowanych sygnałów dopplerowskich;
- Adams – do analizy statycznej, quasistatycznej, dynamicznej i kinematycznej obiektów.

LABORATORIUM SYSTEMÓW UZBROJENIA

Laboratorium Systemów Uzbrojenia (LSU) działające w Zakładzie Broni i Amunicji ITU WML WAT zawiera cztery pracownie: Pracownię Broni Palnej (PBP), Pracownię Eksploatacji Broni (PEB), Pracownię Uzbrojenia Klasycznego (PUK) oraz Pracownię Środków Bojowych (PSB).

Baza dydaktyczna Zakładu Broni i Amunicji dedykowana jest do kształcenia specjalistycznego kandydatów na żołnierzy zawodowych, ale dostępna jest również dla wszystkich studentów Akademii, w ramach ich pracy własnej lub też działalności w ramach Koła Naukowego Studentów Techniki Uzbrojenia. Osoby zainteresowane korzystaniem ze sprzętu i oprogramowania Laboratorium Systemów Uzbrojenia mają taką możliwość zarówno w godzinach pracy Akademii, jak i w godzinach popołudniowo-wieczornych po wcześniejszym ustaleniu z opiekunem danej pracowni lub opiekunem KNS. Dostępny dla wszystkich zainteresowanych plan konsultacji kadry ułatwia zaplanowanie korzystania ze sprzętu.

Działalność badawczo – dydaktyczna Zakładu Broni i Amunicji, realizowana w oparciu o bazę i wyposażenie Laboratorium Systemów Uzbrojenia obejmuje następujące obszary:

- teoretyczne metody wspomagające konstruowanie, projektowanie i eksploatację (użytkowanie) urządzeń mechatronicznych, ze szczególnym uwzględnieniem broni strzeleckiej, broni artyleryjskiej (lufowej i raketowej) oraz środków bojowych;
- projektowanie nowych i modernizację eksploatowanych konstrukcji uzbrojenia i środków bojowych;
- badania dynamiczne broni strzeleckiej, broni artyleryjskiej (lufowej i raketowej) oraz środków bojowych;
- procedury i algorytmy skutecznego wykorzystywania artylerii na współczesnym polu walki;
- badania nad rozwojem technicznych środków przeciwterrorystycznych;
- badania nad bezpieczeństwem użytkowania strzelnic.

PRACOWNIA BRONI PALNEJ

Pracownia Broni Palnej (PBP) prowadzi badania porównawcze i eksperckie broni (strzeleckiej, artyleryjskiej i raketowej), badania dynamiczne broni palnej i jej elementów na unikatowych stanowiskach badawczych, umożliwiających m.in. wyznaczenie: parametrów „automatyki” broni oraz dwukomorowych układów miotających; parametrów węzła gazowego karabinka kalibru 5,56 mm; parametrów odrzutu swobodnego broni; efektywności hamulców wylotowych oraz charakterystyk spustu broni. Ponadto, prowadzi badania: nagrzewania się elementów broni palnej, odporności kamizelek kuloodpornych i hełmów oraz bezpieczeństwa użytkowania strzelnic i innych obiektów szkoleniowych wykorzystujących broń palną.



Fot. Stanowisko do badań dynamicznych i cieplnych broni strzeleckiej



Fot. Stanowisko do badań charakterystyk spustu broni strzeleckiej



Fot. Stanowisko do badań odrzutu swobodnego broni strzeleckiej



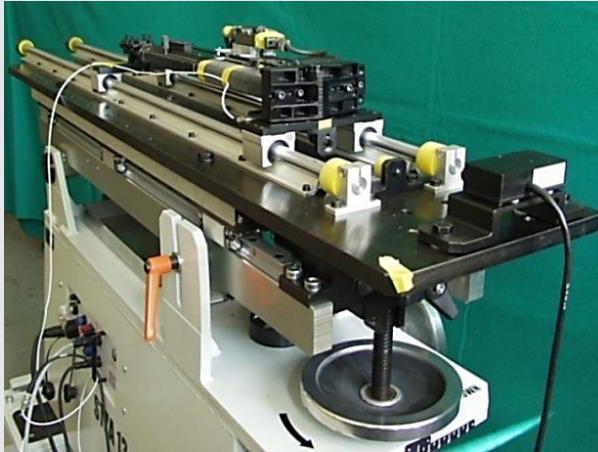
Fot. Stanowisko do obserwacji i rejestracji prób z aparaturą rejestrującą



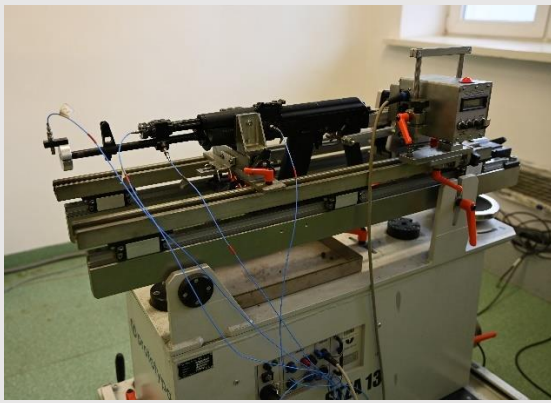
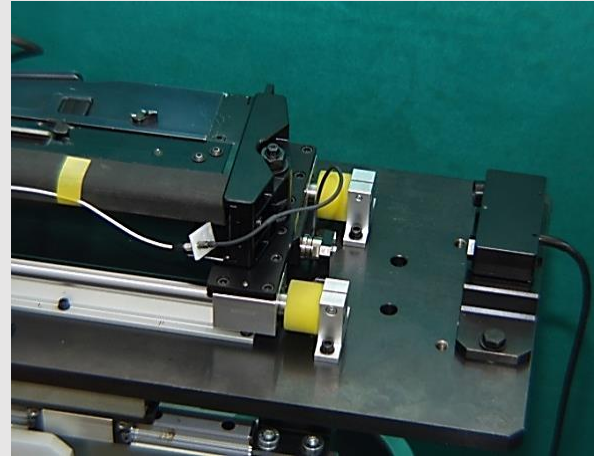
Fot. Stanowisko do badań poziomu dźwięku broni strzeleckiej



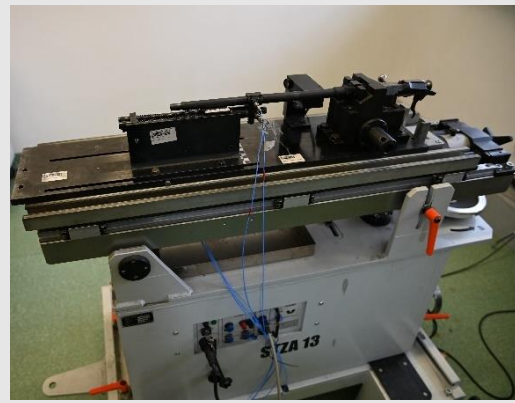
Fot. Stanowisko do badań nagrzewania się broni strzeleckiej



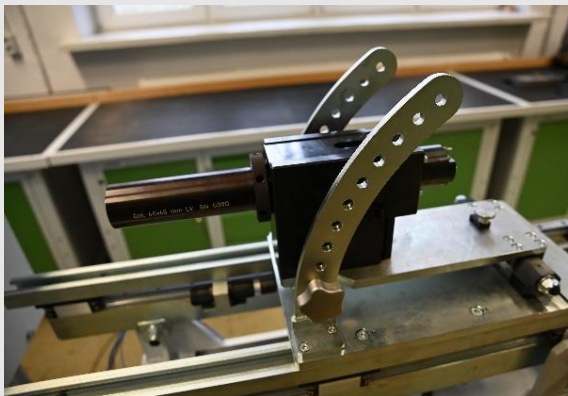
Fot. Stanowisko do pomiaru parametrów odrzutu i podrzutu broni strzeleckiej



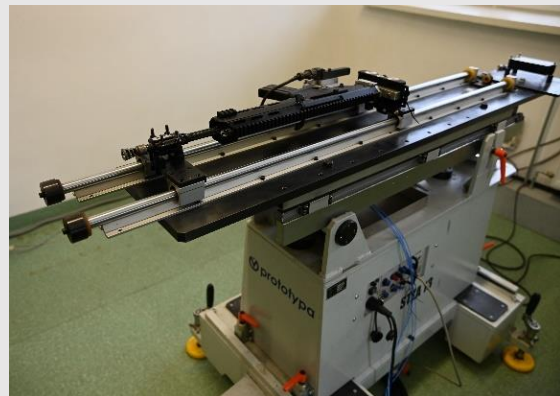
Fot. Stanowisko do badania wężła gazowego 5,56 mm kbk Beryl



Fot. Stanowisko do badania uniwersalnego wężła gazowego broni strzeleckiej



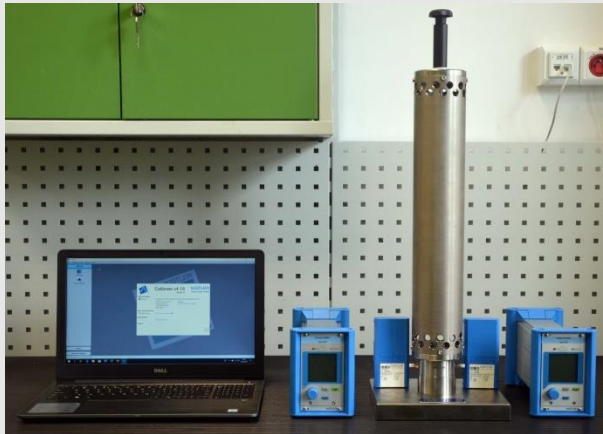
Fot. Stanowisko do badania i weryfikacji dwukomorowych układów miotających



Fot. Stanowisko do badania efektywności hamulców wylotowych



Fot. Stanowisko do pomiarów szybkostrzelności broni automatycznej



Fot. Stanowisko do kalibracji dynamicznej przetworników ciśnienia firmy Kistler



Fot. Przetwornik ciśnienia Kistler 6215



Fot. Stanowisko do kalibracji statycznej przetworników ciśnienia firmy Kistler



Fot. Zestaw przetworników Kistler 6215 i 6213 oraz wzmacniacze ładunków do mierzenia ciśnienia w broni palnej i lufach balistycznych



Fot. Stanowisko do pomiaru prędkości pocisku za pomocą radaru balistycznego



Fot. Stanowisko do pomiaru prędkości pocisku za pomocą bramek optycznych



Fot. Stanowisko badawcze AST do badania odporności kamizelek kuloodpornych i hełmów

PRACOWNIA EKSPLOATACJI BRONII

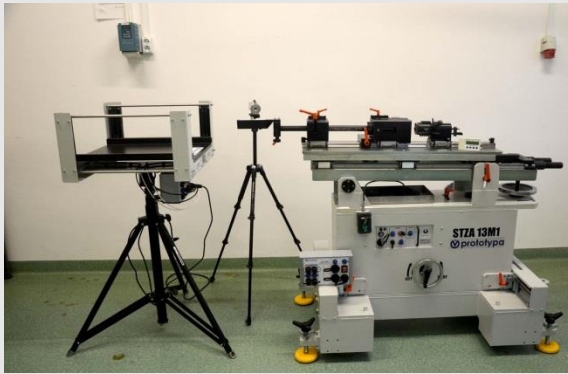
Pracownia Eksploatacji Broni (PEB) dysponuje parkiem maszynowym i narzędziowym, umożliwiającym utrzymanie w sprawności eksploatacyjnej sprzęt uzbrojenia, środki bojowe oraz stanowiska laboratoryjne znajdujące się w Laboratorium Systemów Uzbrojenia. W pracowni wykonywane są m.in. w ramach realizowanych w Instytucie (Wydziale) prac dyplomowych modele badawcze broni, amunicji (i jej elementów) oraz urządzeń badawczych (i ich elementów, zespołów i mechanizmów), a także drobne naprawy i modyfikacje techniki wojskowej, wykorzystywanej w działalności dydaktycznej i badawczej. Pracownia Eksploatacji Broni dysponuje obrabiarkami do metali, w tym: tokarką i frezarką z odczytem numerycznym, wiertarką słupową oraz piłą taśmową.



Fot. Pracownia Eksploatacji Broni Palnej (park maszynowy)

PRACOWNIA ŚRODKÓW BOJOWYCH

Pracownia Środków Bojowych (PSB) prowadzi badania porównawcze i eksperckie amunicji (strzeleckiej, artyleryjskiej i raketowej) oraz badania statyczne i dynamiczne środków bojowych na oryginalnych stanowiskach badawczych, umożliwiającym m.in.: wyznaczenie: charakterystyk masowych i bezwładnościowych pocisków strzeleckich i artyleryjskich; parametrów spłonki i zapłonników amunicji strzeleckiej oraz artyleryjskiej; parametrów zapalników artyleryjskich oraz charakterystyk palenia się ścieżek pirotechnicznych. Pracownia dysponuje około 150 wzorami broni, ponad 140 lufami balistycznymi (w różnych kalibrach i standardach), specjalistyczną aparaturą pomiarowo-rejestrującą i oprogramowaniem komputerowym oraz oprzyrządowaniem do elaboracji podstawowych wzorów amunicji strzeleckiej. Zgromadzone w pracowni uzbrojenie, środki bojowe i aparatura wykorzystywane są do prowadzenia dydaktyki w obszarze konstrukcji i badań broni i środków bojowych, wspierając zwłaszcza inicjatywy studenckie realizowane w ramach działalności KNS. PSB prowadzi działalność w zakresie posiadanej przez WAT Koncesji MSWiA nr B-344/2003 na wykonywanie działalności gospodarczej w zakresie wytwarzania i obrotu materiałami wybuchowymi, bronią i amunicją oraz wyrobami i technologią o przeznaczeniu wojskowym i policyjnym. Umożliwia to m.in. realizację zakupów broni i amunicji oraz materiałów miotających wykorzystywanych m.in. do działalności dydaktycznej.



Fot. Stanowisko badawcze UZ-2002 do badania amunicji strzeleckiej



Fot. Stanowisko badawcze UZ-2011 40 do badania amunicji granatnikowej



Fot. Stanowisko badawcze UZ-2010 do badania amunicji kalibru od 12,7 do 23 mm



Fot. Lufy balistyczne (ciśnieniowe, prędkościowe, skupieniowe, CIP i EPVAT) do badania amunicji kalibru od 4,6 do 23 mm



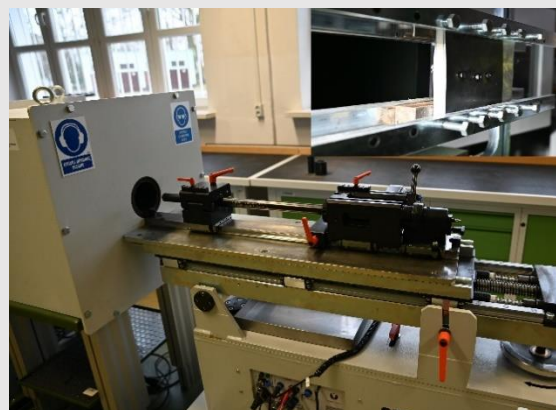
Fot. Programowalny wyzwalacz aparatury badawczej



Fot. Urządzenie do pomiaru prędkości wylotowej pocisku



Fot. Stanowisko do pomiaru siły rozczalenia naboju strzeleckich



Fot. Stanowisko do badania energii odłamków wraz z kulochwytem



Fot. Stanowisko badawcze PST do badania spłonek i zapłonników



Fot. Stanowisko do elaboracji amunicji

PRACOWNIA UZBROJENIA KLASYCZNEGO

Pracownia Uzbrojenia Klasycznego (PUK) dysponuje bogatą kolekcją broni polskiej i zagranicznej, a także posiada unikatowy w skali kraju zbiór amunicji: strzeleckiej, artyleryjskiej (polowej, przeciwlotniczej i pokładowej) oraz raketowej, w tym broń i amunicję o przeznaczeniu wojskowym, myśliwskim, sportowym i eksperymentalnym (badawczym). Ponadto, dysponuje dodatkowym wyposażeniem broni (bagnetami, celownikami, podstawami, akcesoriami poprawiającymi ergonomię itp.), przyborami eksploatacyjnymi i zestawami części zamiennych, przyrządami celowniczymi (w tym nokto- i termowizyjnymi), kalkulatorami artyleryjskimi i przyrządami kierowania ogniem. To sprawia, że pracownia ma unikatowe kompetencje w zakresie prowadzenia dydaktyki w obszarze projektowania, konstrukcji i eksploatacji broni palnej, jej wyposażenia oraz środków bojowych. Zasoby

broni strzeleckiej PUK wykorzystywane są intensywnie w trakcie regularnie odbywających się spotkań KNS TU (zwykle w poniedziałki), które zrzesza zarówno studentów wojskowych, jak i cywilnych, w tym wywodzących się również spoza Wydziału Mechatroniki, Uzbrojenia i Lotnictwa.

W Pracowni Uzbrojenia Klasycznego zgromadzono, największy w Polsce (w kategorii uczelni), zbiór broni i amunicji, w tym m.in.:

- amunicji strzeleckiej i artyleryjskiej od 4,5 mm do 203 mm oraz przeciwpancernych pocisków kierowanych (PPK);
- broni strzeleckiej polskiej i zagranicznej (ok. 400 egzemplarzy) z lat od 1870 r. do 2024 r., w tym wiele unikatowych egzemplarzy w postaci modeli/prototypów broni nieprodukowanych seryjnie lub produkowanych w małych seriach;
- broni artyleryjskiej np.: 23 mm poczwórnie sprzężony zestaw przeciwlotniczy ZSU-23-4 SZYŁKA, 23 mm armata przeciwlotnicza ZU-23-2, 23 mm lufowo-rakietowy zestaw przeciwlotniczy ZUR-23-2TG, 30 mm armata napędowa MK-44 Bushmaster, 35 mm armata KDA, 37 mm armata przeciwlotnicza wz.1939, 57 mm armata przeciwlotnicza S-60, 85 mm armata D-44 i D-48, 130 mm armata M-46, 122 haubica wz.1938/85, 122 mm haubica samobieżna 2S1 GOŹDZIK, 152 mm armatohaubica wz.1937/85, 122 mm polowa wyrzutnia raketowa BM-21 i RM-70/85, wyrzutnia WP-8Z, działa bezodrutowe B-10, B-11, SPG-9, M20 oraz moździerce kalibru 60, 81, 82, 120, 160 i 240 mm;
- wozów bojowych np.: T-72M, PT-91 TWARDY, BWP-1, MORS, trenażery uzbrojenia pokładowego czołgu T-72 i BWP-1 oraz armaty D10-T2S, 2A46 i 2A28.



Fot. Pracownia Uzbrojenia Klasycznego (w części dotyczącej środków bojowych)



Fot. Pracownia Uzbrojenia Klasycznego (w części dotyczącej broni strzeleckiej)



Fot. Pracownia Uzbrojenia Klasycznego (w części dotyczącej broni artyleryjskiej)



Fot. Pracownia Uzbrojenia Klasycznego (w części dotyczącej broni artyleryjskiej)

Salę wykładową w budynku 69 wyposażono w sprzęt audio-wizualny, wspomagający realizację procesu dydaktycznego. W jego skład wchodzi:

- projektor multimedialny;
- rozwijany ekran;
- komputer sterujący pracą systemu audio-wizualnego.

Salę są w stanie pomieścić 39 (sala nr 20) i 32 (sala nr 28) słuchaczy. Ponadto jako pomoc dydaktyczną w sali znajdują się tablice kredowe oraz zestawy narzędzi kreślarskich. Okna sal wyposażono w rolety umożliwiające ograniczenie nasłonecznienia.



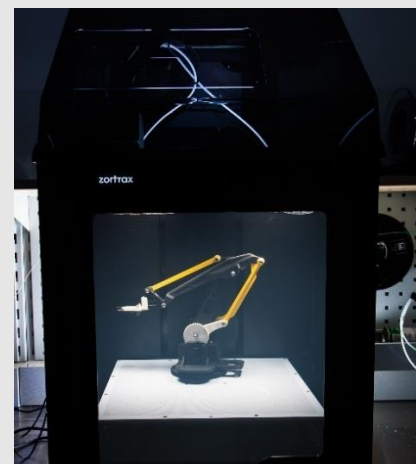
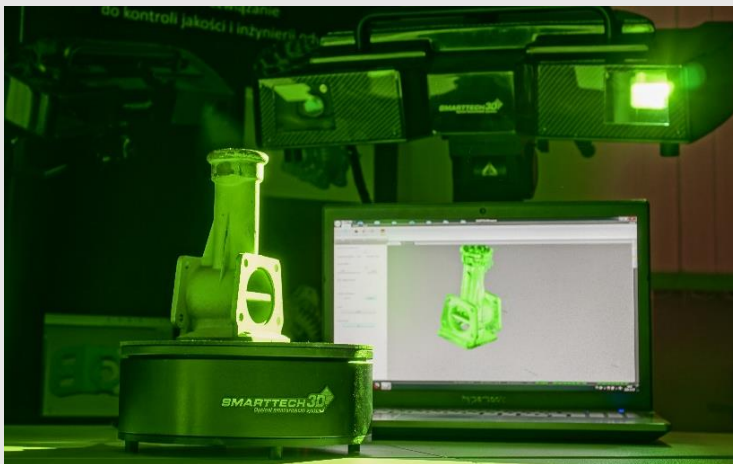
Fot. Sale nr 20 i 28

LABORATORIUM SYSTEMÓW INŻYNIERSKICH I TECHNOLOGII

Laboratorium Systemów Inżynierskich i Technologii (LIT) działające w Zakładzie Technologii i Eksploatacji Uzbrojenia ITU WML WAT, zawiera dwie pracownie: Pracownię Komputerowych Systemów Inżynierskich (PSI) oraz Pracownię Technologii (PTG).

PRACOWNIA KOMPUTEROWYCH SYSTEMÓW INŻYNIERSKICH

Pracownia Komputerowych Systemów Inżynierskich (PSI) zajmuje się kompleksowym kształceniem w obszarze systemów CAD-CAM-CAE. Dysponuje dwoma salami komputerowymi: pierwsza – dedykowana systemom CAD-CAE – ma 32 stanowiska komputerowe do pracy m.in. z programami: Solid Edge, SolidWorks, NX i Ansys, natomiast druga – dedykowana systemom CAD-CAM – ma 18 stanowisk komputerowych do pracy z programami wymienionymi wcześniej oraz EdgeCAM i MasterCAM. Dodatkowo w sąsiedztwie tej sali znajdują się edukacyjne obrabiarki CNC (tokarka i frezarka), pozwalające na praktyczną realizację przygotowanych procesów technologicznych. Ponadto, pracownia specjalizuje się w technikach przyrostowych, wykorzystując 19 drukarek 3D (drukującymi w technologii FDM/FFF, CFF, SLM, SLS i DLP), a także posiada wyposażenie dedykowane inżynierii odwrótnej (skanery 3D) do cyfrowego odtworzenia geometrii obiektów oraz oprogramowanie (Geomagic DesignX) do obróbki chmury punktów.



Fot. Stanowisko do szybkiego prototypowania

Pracownia Komputerowych Systemów Inżynierskich jest wyposażona ponadto w stanowiska komputerowe, na których zainstalowano oprogramowanie (pakiet Microsoft Office, Microsoft SQL Server, Matlab, Solid Edge, SolidWorks, Ansys, EdgeCam, MasterCam, Baza działek 1, Calypso, Nikon NIS-elements) umożliwiające wykonywanie analiz projektowych, technologicznych oraz eksploatacyjnych maszyn i urządzeń powstających w ramach realizowanych projektów badawczo-rozwojowych. Pomieszczenia dydaktyczne zlokalizowane są w budynku 25.

Pracownia Komputerowych Systemów Inżynierskich jest wyposażona m.in. w wysokowydajne jednostki komputerowe i nowoczesne oprogramowanie, a także laserowe skanery i drukarki 3D. To sprzyja prowadzeniu prac naukowo-badawczych z zakresu zaawansowanych metod projektowania, wytwarzania i eksploatacji złożonych obiektów technicznych, w tym techniki wojskowej.

Baza dydaktyczna Zakładu Technologii i Eksploatacji Uzbrojenia dostępna jest dla wszystkich studentów Akademii. Osoby zainteresowane korzystaniem ze sprzętu i oprogramowania Laboratorium Systemów Inżynierskich i Technologii mają taką możliwość zarówno w godzinach pracy Akademii jak i w godzinach popołudniowo-wieczornych po wcześniejszym ustaleniu z opiekunem danej pracowni. Dostępny dla wszystkich zainteresowanych plan konsultacji kadry ułatwia zaplanowanie korzystania ze sprzętu.

Sala technik przyrostowych (sala nr 8)

Działalność stanowiska skupia się na zagadnieniach związanych z technikami addytywnymi (druku 3D) oraz metodami pomiarowymi stosowanymi w inżynierii odwrotnej. Posiadana baza laboratoryjna umożliwia prezentację najpopularniejszych rozwiązań stosowanych współcześnie. Posiadane drukarki 3D umożliwiają wytwarzanie części z użyciem różnych materiałów (tworzyw sztucznych) oraz łączenia ich ze sobą. Niektóre z rozwiązań umożliwiają stosowanie dodatkowego rozpuszczalnego materiału stanowiącego podporę dla budowanych elementów. Posiadane drukarki 3D umożliwiają łączenie materiałów w ramach jednego procesu z wykorzystaniem różnych rozszerzeń m.in. Bambu Lab AMS, Prusa Multi Material oraz Palette 3 Pro. Dodatkowo możliwe jest przedstawienie procesu przygotowania i przeprowadzenia procesu druku 3D dla materiałów w postaci żywicy światłoczułej (DLP). Skanery 3D wchodzące w skład wyposażenia sali pozwalają na ręczne zeskanowanie obiektów z niską dokładnością geometryczną w celu pokazania potencjału tej technologii jak i na skanowanie obiektów z dokładnością do 13 μm z wykorzystaniem skanera stacjonarnego. Wysoki potencjał naukowy i dydaktyczny pracowni potwierdzony jest przeprowadzonymi licznymi pracami dyplomowymi oraz opublikowanymi artykułami naukowymi. Na wyposażeniu stanowiska technik przyrostowych znajduje się kilkanaście urządzeń, w skład których wchodzi:

- urządzenia do szybkiego prototypowania (drukarki 3D) w technologii FFF/FDM (ang. Fused Filament Fabrication / Fused Deposition Modeling):
 - a) Stratasys Dimension 1200es,
 - b) Zortrax M200,
 - c) Zortrax M300 Dual,
 - d) BCN3D Sigma R19,
 - e) MonkeyFab Prime,
 - f) MonkeyFab Spire,
 - g) Prusa i3 MK3S (3 kpl.),
 - h) Prusa i3 MK3S + rozszerzenie Multi Material 2.0S (MMU2S) (3 kpl.),
 - i) Bambu Lab X1 Carbon Combo,
 - j) Bambu Lab P1S,
 - k) CreatBot PEEK-300

- drukarka 3D w technologii CFF (ang. Continuous Filament Fabrication) Markforged Mark Two,
- drukarka 3D w technologii DLP (ang. Digital Light Processing) Liquid Crystal HR,
- skaner laserowy Roland Picza LPX-250,
- skaner optyczny Smarttech Micron 3D Green,
- skaner ręczny 3D Sense USB.

Posiadane rozwiązania umożliwiają realizację zajęć dydaktycznych związanych z drukiem 3D jak i z inżynierii odwrotnej, w grupach do 15 osób z możliwością podziału na mniejsze zespoły. W ramach zajęć z druku 3D każdy zespół ma możliwość pracy przy indywidualnym stanowisku. Programy wykonawcze drukarek 3D przygotowywane są na pracowni komputerowej, a po zatwierdzeniu przez osobę prowadzącą, realizowane na wybranym urządzeniu. W ramach zajęć z inżynierii odwrotnej studenci mają możliwość skanowania przy pomocy skanera ręcznego lub przy pomocy skanera optycznego, prostych obiektów technicznych bądź elementów zespołów maszyn.

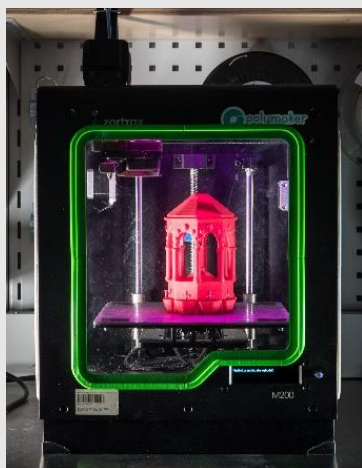
Pozyskane chmury punktów obrabiane są przez każdego studenta samodzielnie za pomocą specjalistycznego oprogramowania Geomagic Design X dostępnego w sali komputerowej 113 oraz 17.

Posiadana baza urządzeń pozwala na wykonywanie:

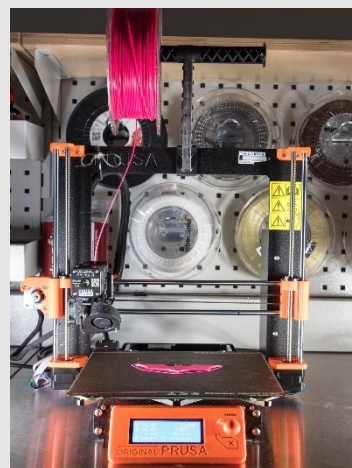
- modeli trójwymiarowych z pojedynczego materiału (tworzywa sztucznego lub elastomeru),
- modeli trójwymiarowych o skomplikowanej budowie wymagających struktur podporowych z materiałów rozpuszczalnych,
- modeli trójwymiarowych z wielu materiałów,
- digitalizacji obiektów trójwymiarowych.



Fot. Pracownia technik przyrostowych



Fot. Drukarka 3D firmy Zortrax



Fot. Drukarka 3D firmy Prusa

Sala nowoczesnych technik wytwarzania (sala nr 4)

Działalność stanowiska skupia się na zagadnieniach związanych nowoczesnymi technikami wytwarzania m.in. spajaniem w złożu proszkowym oraz obróbką elektroerozyjną. Posiadana baza laboratoryjna umożliwia prezentację technologii L-PBF (ang. Laser Powder Bed Fusion) dla tworzyw sztucznych oraz proszków metalicznych niereaktywnych. Posiadane wyposażenie pozwala na przeprowadzenie procesu druku 3D w technologii SLS i SLM od przygotowania plików wykonawczych po obróbkę końcową gotowego wyrobu. Do przygotowania plików wykonawczych wykorzystywane jest oprogramowanie Sinterit Studio, Materialise Magics oraz Autodesk Netfabb. Posiadana elektrodrążarka drutowa (wycinarka drutowa) umożliwia zapoznanie się z technologią obróbki elektroerozyjnej, ponadto drążarka wyposażona jest w dwie dodatkowe przystawki: wiertarkę elektroerozyjną, która pozwala na drążenie otworów w materiałach trudnoskrawalnych oraz w tokarkę elektroerozyjną, która pozwala na obróbkę profilu tokarskiego w materiałach trudnoobrabialnych. Stanowisko wykorzystywane jest powszechnie w procesie dydaktycznym i badawczo-naukowym do wytwarzania próbek materiałowych oraz elementów stanowisk badawczo-dydaktycznych. Do przygotowywania plików wykonawczych na wycinarkę drutową wykorzystywane jest oprogramowanie MegaCAD w wersji z dedykowaną nakładką BP-CAM.

Na wyposażeniu stanowiska nowoczesnych technik wytwarzania znajduje się:

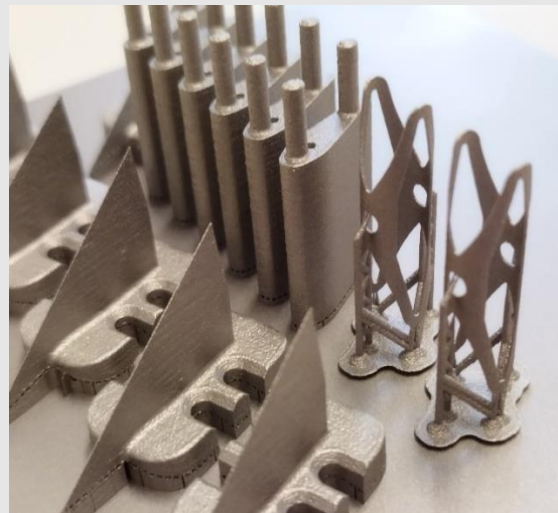
- drukarka 3D w technologii SLS (ang. Selective Laser Sintering) Sinterit Lisa,
- drukarka 3D w technologii SLM (ang. Selective Laser Melting) Xact Metal XM200C,
- wycinarka elektroerozyjna drutowa WEDM (ang. Wire Electrical Discharge Machining) ZAP B.P. BP95dn, dielektryk: woda dejonizowana służąca do cięcia.

Posiadana baza urządzeń pozwala na wykonywanie:

- modeli trójwymiarowych z proszków tworzyw sztucznych lub elastomeru (PA12 i Flexa Black),
- modeli trójwymiarowych z proszków metalicznych m.in. stali 316L, 17-4 PH, Maraging M300, Inconel 718,
- wycinanie elementów elektrodą drutową z materiałów przewodzących prąd w zakresie roboczym 300x180 mm (wysokość do 140 mm) z dokładnością pozycjonowania 0,02 mm,
- wykonywania otworów o średnicy od 0,6 do 1,3 mm, na głębokość do 50 mm



Fot. Pracowania nowoczesnych technik wytwarzania



Fot. Elementy wykonane w technologii SLM

Sale wykładowe w Pracowni Komputerowych Systemów Inżynierskich przeznaczone są dla grup do 30-osób. Wyposażone są w projektory multimedialne, rozwijane ekrany oraz komputery sterujące pracą systemu wizualnego. Każda sala wykładowa posiada tablice kredowe wspomagające prowadzenie procesu dydaktycznego.



Fot. Sala nr 6



Fot. Sala nr 7

Pracownia komputerowa (sala nr 113) wyposażona jest w 32 stanowiska komputerowe przeznaczone dla studentów i wykładowcy. Komputery znajdujące się w pracowni wyposażone są w nowoczesne, szybkie procesory, szybkie dyski SSD oraz karty graficzne dedykowane do pracy z zaawansowanym specjalistycznym oprogramowaniem inżynierskim, m.in. Solid Edge, Solid Works, HSMWorks, Ansys, NX, Geomagic Design X, Mesh3D, Matlab, EdgeCam, MasterCam, GOM Inspect, Office 365, specjalistyczne oprogramowanie służące do wspomaganie procesu eksploatacji (Sekcja, Baza Działek 1).



Fot. Pracownia komputerowa (sala nr 113)

Ponadto sala komputerowa wyposażona jest w wysokiej jakości projektor multimedialny, rozwijany elektrycznie ekran oraz dużą tablicę sucho-ścieralną. Okna wyposażono rolety o dużym stopniu tłumienia promieni słonecznych.

PRACOWNIA TECHNOLOGII

Pracownia Technologii (PTG) umożliwia wytwarzanie próbek materiałowych i prowadzenie szerokiego zakresu badań ich właściwości mechanicznych. Działalność naukowa prowadzona w Pracowni dotyczy przede wszystkim konstrukcji oraz technologii wytwarzania elementów uzbrojenia przy zastosowaniu metod metalurgii proszków oraz nowoczesnych technik przyrostowych.

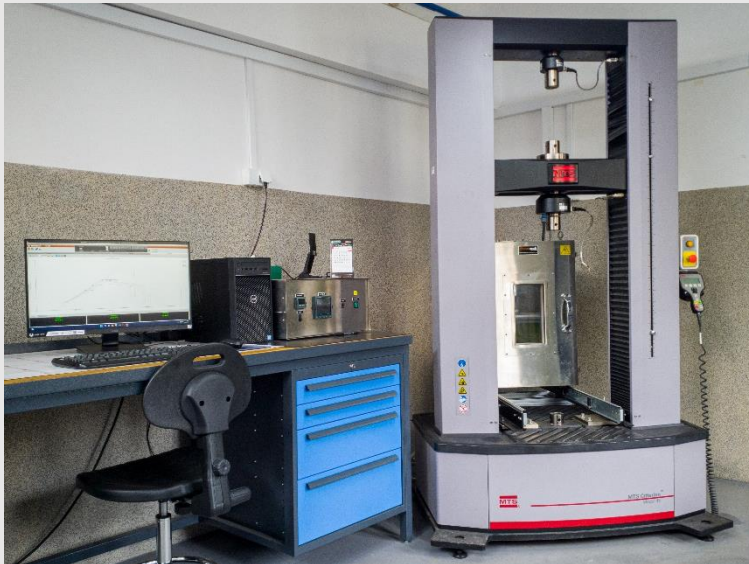
Stanowisko badań właściwości mechanicznych materiałów (sala nr 29) wyposażone jest w dwa urządzenia do badań wytrzymałościowych: uniwersalna maszyna wytrzymałościowa MTS Criterion C45.105 oraz młot opadowy Zwick/Roell Amsler HIT2000F.

Maszyna wytrzymałościowa z podwójną przestrzenią roboczą pozwala na realizację badań quasistatycznych w warunkach działania sił ściskających i rozciągających. Model ten charakteryzuje się dwoma przestrzeniami roboczymi, wyposażonymi w dwa czujniki siły 10 kN (do badań materiałów tworzywowych) i 100 kN do badań materiałów metalicznych. Dodatkowo maszyna wyposażona jest w komorę klimatyczną umożliwiającą realizowanie badań w temperaturach od $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Młot opadowy pozwala na realizację badań w zakresie odkształceń dynamicznych. Budowa ww. urządzenia umożliwia wykonywanie prób w warunkach ściskania z prędkościami uderzenia do 20 m/s przy zakumulowanej energii nawet do 2100 J. Jest to obecnie jedyne takie stanowisko w Polsce do badań udarowości.

W skład jego wyposażenia wchodzi:

- komora klimatyczna pozwalająca realizować badania w zakresie temperatur $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $+180\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- zestaw bijaków do badania folii i tworzyw sztucznych zgodnie z normami ISO 7765-2, ISO 6603-2 oraz ASTM D3763
- zestaw bijaków do prób udarowościowych wg metody Charpy'ego zgodnie z normami ISO 179-2 oraz ISO 148-1
- bijak uniwersalny do badania komponentów z czujnikiem siły 250 kN



Fot. Maszyna wytrzymałościowa MTS Criterion C45



Fot. Młot opadowy
Zwick/Roell Amsler Hit 2000F

W sali nr 2 znajdują się przyrządy oraz urządzenia pomiarowe wykorzystywane w procesie dydaktycznym. Urządzenia te stosowane są w ramach pomiarów wielkości geometrycznych (przedmiot: Laboratorium inżynierii wytwarzania i pomiarów warsztatowych). Są to m.in.:

- portalowa maszyna współrzędnościowa Vista firmy Zeiss,
- portalowa maszyna współrzędnościowa C400 firmy Zeiss,
- projektor pomiarowy VB400 firmy Starrett,
- ramię pomiarowe Stinger II firmy Cimcore,
- profilografometr,
- dwa optyczne mikroskopy warsztatowe;
- hybrydowa maszyna pomiarowa Venture.
- konturograf;

W pracowni znajdują się również podstawowe przyrządy pomiarowe takie jak: suwmiarki, mikrometry, średnicówki oraz kątomierze.



Fot. Stanowiska do pomiaru wielkości geometrycznych



Fot. Projektor pomiarowy VB400



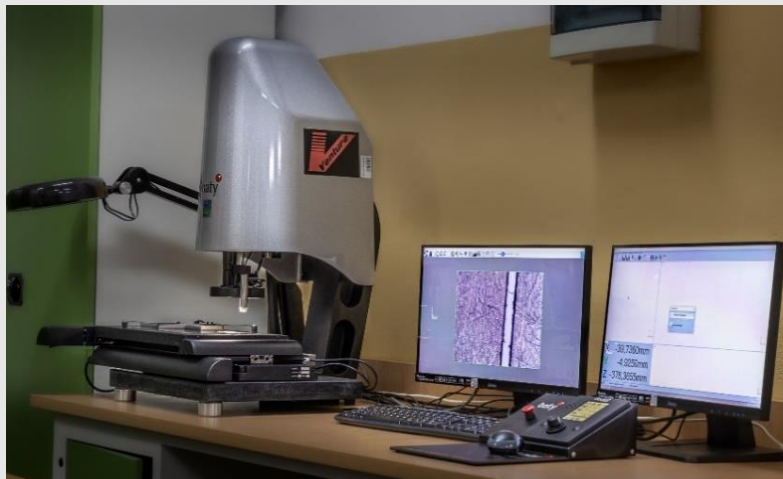
Fot. Konturograf



Fot. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa C400



Fot. Współrzędnościowa maszyna pomiarowa Vista



Fot. Hybrydowa maszyna pomiarowa Venture

Stanowisko preparatyki zglądów metalograficznych (sala nr 3) stanowi niezbędny element procesu wytwarzania nowych materiałów inżynierskich. Wyposażona jest w dwie przecinarki: manualną Discotom-2 i precyzyjną automatyczną przecinarkę Secotom-50, praskę do inkludowania materiałów na gorąco Citopress-15, szlifierkę Planopol-3, zautomatyzowaną szlifierko polerkę Tegramin-20 oraz automatyczną, sterowaną mikroprocesorowo elektropolerkę do elektrolitycznego polerowania i trawienia próbek mikroskopowych Lectropol-5. Producentem posiadanych urządzeń jest firma Struers. Ponadto stanowisko wyposażone jest w dygestorium firmy Labdud DCL-90 z mechanicznym wyciągiem szkodliwych oparów do przygotowywania trawiantów do ręcznego trawienia próbek mikroskopowych oraz dwie myjki ultradźwiękowe Degas JPS100A 30l i Emag Emmi 12 HC waz z wyposażeniem i zestawem specjalistycznych koncentratów myjących.

Posiadane urządzenia pozwalają na przygotowywanie wymaganych kształtów, wymiarów oraz powierzchni materiałów do dalszych badań: mikrostrukturalnych, składu fazowego, mechanicznych, elektrycznych, cieplnych poprzez zastosowanie obróbki mechanicznej, chemicznej, mechano-chemicznej oraz chemicznego trawienia wypolerowanych powierzchni próbek w celu ujawnienia elementów ich mikrostruktury. Myjki ultradźwiękowe umożliwiają dokładne oczyszczenie elementów, z których zostaną przygotowane próbki jak i samych próbek po procesie obróbki.



Fot. Precyzyjna przecinarka Secotom-50 firmy Struers



Fot. Praska CitoPress-15 oraz szlifierko-polerka Tegramin-20 firmy Struers

Stanowisko badań metalograficznych (sala nr 5) wyposażone jest w:

- mikroskop metalograficzny Axio Observer.Z1m firmy Carl ZEISS z możliwością obserwacji struktur materiałów w powiększeniu do x1250,
- elektronowy mikroskop skaningowy SEM Phenom Pro X,
- elektronowy mikroskop skaningowy JEOL JSM-5400 z mikroanalizatorem rentgenowskim (napięcie przyspieszające od 0,5 do 30 kV, zakres powiększeń od x15 do x200000, zdolność rozdzielcza 4 nm),
- cyfrowy mikroskop optyczny VHX-6000 firmy KEYENCE,
- w pełni zautomatyzowany mikrotwardościomierz firmy Qness Q10A+,
- dwie napyłarki próżniowe do przygotowywania próbek do badań z wykorzystaniem mikroskopu skaningowego,
- analizator cząstek IPS UA K μ K do określania granulacji cząstek stałych o rozmiarach 0,5-2000 μ m.

W ramach tego stanowiska prowadzone są badania w zakresie:

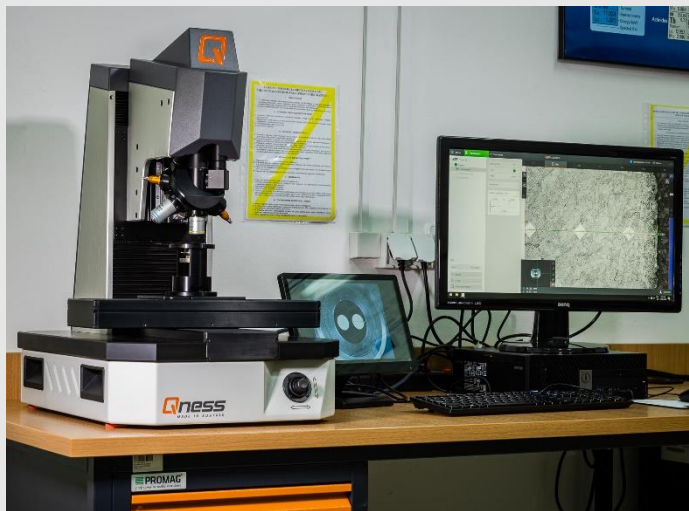
- obserwacji struktury materiałów i jej składników w szerokim zakresie powiększeń,
- analizy składu fazowego lub chemicznego w mikroobszarach,
- trójwymiarowe analizy struktury i składu pierwiastkowego materiałów,
- diagnostyka wad produktów i materiałów,
- weryfikacja procesów technologicznych (np. pomiary wielkości cech, analiza warstw powierzchniowych i ich granic),
- analiza twardości i mikrotwardości metodą Vickersa i Knoopa (ocena głębokości warstw nawęglonych i azotowanych zgodnie z aktami normatywnymi).



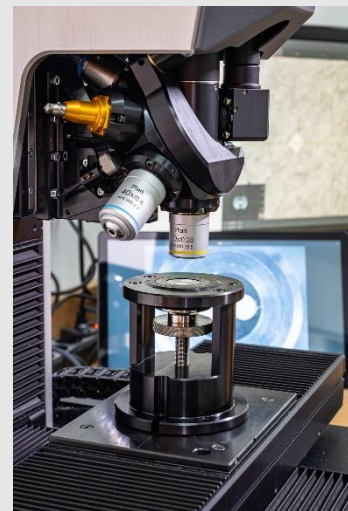
Fot. Mikroskopy (od lewej): metalograficzny AxioObserver oraz elektronowy Phenom X



Fot. Cyfrowy mikroskop pomiarowy firmy Keyence



Fot. Mikrotwardościomierz firmy Qness Q10A+



Stanowisko badawcze metalurgii proszków (sala nr 15) dysponuje aparaturą umożliwiającą przechowywanie materiałów proszkowych w atmosferze ochronnej oraz wytwarzanie elementów części maszyn metodami klasycznej metalurgii proszków. Stanowisko wyposażone jest w:

- jedno stanowiskową komorę rękawicową UNIlabplus firmy MBraun do przechowywania proszków w ochronnej atmosferze argonu
- precyzyjne wagi laboratoryjne do odmierzania naważek proszków potrzebnych do wykonania wypraski proszkowej,
- wysokoenergetyczny młyn kulowy Attritor01HD firmy Union Process do wysokoenergetycznego rozdrabniania proszków i/lub ich mechanicznego stopowania,
- dwa młyny planetarne do rozdrabniania proszków metali,
- młynek łopatkowy do rozdrabniania proszków metali,
- prasę izostatyczną firmy NationalForge do prasowania proszków metali metodą izostatycznego prasowania na zimno (ang. CIP – Cold Isostatic Press), ciśnienie maksymalne 4000 bar, komora robocza $\varnothing 203 \times 610 \text{ mm}$,
- dwie prasy ręczne firmy TESTCHEM z analogowym odczytem siły o zakresie pracy do 100 kN i cyfrowym odczytem o zakresie pracy do 250 kN.



Fot. Komora rękawicowa UNIlabplus firmy MBraun

Pracownia posiada także wyposażenie do badań udarności tworzyw sztucznych - młot Charpy`ego oraz urządzenie do określania temperatury mięknienia tworzyw sztucznych wyposażone w system akwizycji danych z czujnikami pomiaru temperatury oraz precyzyjnymi czujnikami pomiaru wielkości zagłębienia igieł pomiarowych w badanych materiałach.

Stanowisko badań trwałości, niezawodności i badań nieniszczących (sala nr 16). W ramach działalności tego stanowiska prowadzone są zajęcia oraz prace badawcze z zakresu badań zmęczeniowych materiałów, eksploatacji uzbrojenia lotniczego oraz badań nieniszczących.

W skład stanowiska wchodzi:

- specjalistyczne stanowisko do badań wytrzymałości zmęczeniowej HSN 19D,
- specjalistyczne stanowisko do badań momentu tarcia łożysk ślizgowych HFN5/E,
- specjalistyczne stanowisko do statycznego badania sprężyn powrotnych działek NR-30,
- specjalistyczne stanowisko do analizy kinematyczno-dynamicznej elementów automatyki działka NR-30 wyposażone w triangulacyjny system pomiaru przemieszczenia oraz system akwizycji danych NI PXiE,
- specjalistyczne stanowisko do analizy uszkodzeń elektrycznych w obiektach mechatronicznych,
- zestaw defektoskopów do realizacji oceny stanu technicznego obiektów metodami badań nieniszczących takich jak: penetracyjna, magnetyczna, ultradźwiękowa
- i wiropędowa,
- zestaw dodatkowych przyrządów pomiarowych: luksomierz, miernik pola magnetycznego, miernik natężenia promieniowania UV, miernik grubości powłok, grubościomierz ultradźwiękowy, wzierniki sztywne (boroskopy) i miękkie do diagnostyki optycznej oraz wzorce kalibracyjne do przyrządów pomiarowych i defektoskopów.



Fot. Pracownia trwałości, niezawodności i badań nieniszczących



Fot. Stanowisko do badań wytrzymałości zmęczeniowej HSN 19D

Sala komputerowych systemów CAD/CAM (sala nr 17) wyposażona jest w 20 stanowisk komputerowych przeznaczonych dla studentów i wykładowcy. Komputery znajdujące się w pracowni, podobnie jak w pracowni nr 113, wyposażone są w nowoczesne szybkie procesory, szybkie dyski SSD oraz karty graficzne dedykowane do pracy z zaawansowanym specjalistycznym oprogramowaniem inżynierskim, m.in. Solid Edge, Solid Works, HSMWorks, Ansys, NX, Pixform, Geomagic Design X, Mesh3D, Matlab, EdgeCam, MasterCam, GOM Inspect, Office 365, specjalistyczne oprogramowanie służące do wspomagania procesu eksploatacji (Sekcja, Baza Działek 1).



Fot. Pracownia komputerowych systemów CAD/CAM

Ponadto sala komputerowa wyposażona jest w wysokiej jakości projektor multimedialny oraz dużą tablicę suchościeralną. Okna sal wyposażono w rolety o dużym stopniu tłumienia promieni słonecznych.

Sala obrabiarek CNC (sala nr 18) przeznaczona jest do zapoznania studentów z technologią wytwarzania przedmiotów metodami obróbki z wykorzystaniem maszyn CNC. W sali znajdują się:

- tokarka CBKO TS 20N z systemem sterowania Pronum o rozdzielczości 0,001 mm, posuw roboczy 1-12 000 mm/min, prędkość wrzeciona 1-10000 obr/min,
- frezarka CBKO FYS 16N z systemem sterowania Fanuc, zakres roboczy (x-y-z) 250x170x220 mm, posuw roboczy 1-2000 mm/min, posuw szybki: 6 m/min, max moment obr. 23 Nm, max obroty 10 000 obr/min,
- frezarka 5-osiowa SLV EDU CNC firmy SolidVision z systemem sterowania opartym o platformę SIMIENS z możliwością realistycznego symulowania systemu sterowania za pomocą wirtualnego bliźniaka, moc wrzeciona 1,5kW, maksymalna prędkość obrotowa wrzeciona 24 000 obr/min,



Fot. Stanowisko obrabiarek CNC



Fot. Przykładowe elementy wytworzone technologią elektroerozyjnego drążenia drutowego

W sali nr 19 znajduje się złożony układ badawczo – pomiarowy w postaci stanowiska dzielonego pręta Hopkinsona. Wykorzystywany jest m.in. do badań właściwości struktur energochłonnych.



Fot. Stanowisko dzielonego pręta Hopkinsona do badań właściwości struktur energochłonnych



Fot. Przykładowa struktura energochłonna podczas badania



Fot. Stanowisko dzielonego pręta Hopkinsona do określania współczynników modeli konstytutywnych

Sala badań materiałów inżynierskich (sala nr 24) przeznaczona jest do prowadzenia zajęć w grupach 15-osobowych. Wyposażona jest w:

- stanowisko do badań dylatometrycznych,
- stanowisko do analizy termicznej stopów metali,
- stanowisko do badania gęstości materiałów porowatych i proszków,
- stanowisko do badania wpływu parametrów procesu wytwarzania wypraski na właściwości wytworzonych wyrobów,
- młot Charpy'ego typ 5113.100 do badania udarności materiałów konstrukcyjnych.



Fot. Pracownia badań materiałów inżynierskich

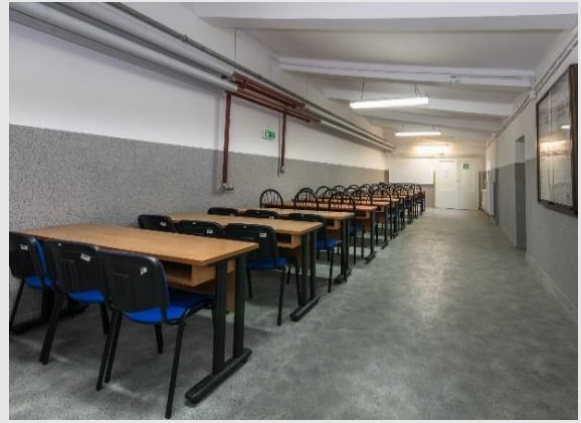


Fot. Stanowisko do badań dylatometrycznych

Sale wykładowe nr 13 i 20 wyposażone są w duże tablice sucho-ścieralne wspomagające proces dydaktyczny. Sala audytoryjna nr 20 przeznaczona jest do prowadzenia zajęć dydaktycznych dla 33 osób. Sala nr 13 przeznaczona do prowadzenia zajęć dydaktycznych dla grup 16-osobowych. W sali znajdują się mikrotwardościomierz pomiarowy firmy Zwick 3212 Härteprüfung umożliwiający pomiary twardości metodami Vickers'a, Brinell'a, Knoop'a oraz Rockwell'a, twardościomierz do pomiarów metodą Rockwella oraz twardościomierz uniwersalny firmy TestLab UHT-910.



Fot. Sala nr 13



Fot. Sala nr 20