



ODJEL ZA STROJARSTVO

- Laboratorij za ispitivanje materijala
 - Laboratorij za tehnike spajanja i alatne strojeve
 - Laboratorij za modeliranje i simulacije
 - Laboratorij za mjeriteljstvo i dijagnostiku
 - Laboratorij za elemente konstrukcija
-

LABORATORIJ ZA ISPITIVANJE MATERIJALA

(voditelj: izv.prof.dr.sc. Sanja Šolić)

Laboratorij za ispitivanje materijala opremljen je opremom za ispitivanje mehaničkih svojstava metalnih i nemetalnih materijala raznim metodama ispitivanja te za kvalitativnu i kvantitativnu analizu mikrostrukture metalnih materijala kao i analizu istrošenih strojnih dijelova iz eksploatacije, fraktografsku analizu prijelomnih površina, kvalitativnu i kvantitativnu analizu mikrostrukture, analizu zavara i zavarenih spojeva te ispitivanje kvalitete provedenih toplinskih i toplinsko kemijskih obrada. U laboratoriju se izvodi vježbovna i seminarska nastava na prijediplomskom i diplomskom studiju strojarstva kao i eksperimentalni dijelovi i ispitivanja u sklopu izrade završnih i diplomskih radova. Na opremi se izvodi i znanstveno – istraživački rad.

Laboratorij je osposobljen za sljedeća ispitivanja:

- statičko vlačno ispitivanje: granica razvlačenja, vlačna čvrstoća, istezljivost, kontrakcija, modul elastičnosti
- tlačno ispitivanje: tlačna čvrstoća
- 3-point bending test – savijanje u tri točke: savojna čvrstoća, progib
- Ispitivanje mikrotvrdoće metodom Vickers u području HV 0,01 – HV 1
- Ispitivanje tvrdoće metodom Vickers u području HV 1 – HV 10
- Ispitivanje tvrdoće metodom Rockwell C
- Ispitivanje udarne žilavosti – Charpy udarni rad loma (EN 10045-1, EN ISO 148-1, ASTM E23 i BS 131) na sobnim i sniženim temperaturama
- Kvalitativna i kvantitativna analiza mikrostrukture (čelici, laki i obojeni metali, dentalne legure i legure za primjenu u biomedicini)
- Određivanje veličine zrna
- Analiza mikrostrukture toplinski obrađenih čelika (prema ISO 18203:2016 / DIN EN ISO 2639): određivanje efektivne dubine cementiranja CHD, efektivne dubine nitriranja - NHD, efektivne dubine zakaljenog sloja – SHD, dubina razugličenja (ISO 3887:2017)
- Makro analiza zavara
- Mikro analiza zavara

Laboratorij ima na raspolaganju sljedeću mjernu i metalografsku opremu:

- Univerzalna kidalica Inspekt blue 20 kN – Hegewald & Peschke, s kontaktnim elektrootpornim ekstenzometrom MF – Mess- & Feinwerktechnik GMBH za provođenje ispitivanja prema ISO 6892 za rad u rasponu temperatura 10 do 50°C, za mjerenje pomaka/deformacija na površini epruvete u rasponu 0-20 mm
 - Vickers tvrdomjer KB 30 – područje sila 0,00981 N – 98,1 N
 - Charpy bat za standardne V i U uzorke 10 x 10 x 55 mm (EN 10045-1, EN ISO 148-1, ASTM E23 i BS 131) + komora za hlađenje uzoraka do – 70 °C + spremnik za hlađenje uzoraka na - 196 °C
 - Rockwell C tvrdomjer Knuth HP 100
 - DynaROCK II – prijenosni mjerač tvrdoće (metoda odskoka s udarnim tijelom D) – mjerne skale HRC, HB, HV, HRB, HD, HS, N/mm²
-

- Olympus metalografski mikroskop GX53 s kamerom DP23- CU micro digital camera i softverom Image Analysis Olympus Stream
- Olympus stereo mikroskop SZX10
- Dino-Lite – mini prijenosni mikroskop, 5 megapix, povećanje 10 – 220x
- Uređaji za ručnu metalografsku pripremu uzoraka Presi PRESI Minitech 250 SP1 i metkon FORCIPoL 1V

Oprema:



Univerzalna kidalica Inspekt blue 20
kN – Hegewald & Peschke



Vickers tvrdomjer KB 30
– područje sila 0,00981 N – 98,1 N



Charpy bat za standardne V i U
uzorke 10 x 10 x 55 mm (EN 10045-
1, EN ISO 148-1, ASTM E23 i BS 131)
+ komora za hlađenje uzoraka do –
70 °C



Rockwell C tvrdomjer Knuth HP 100



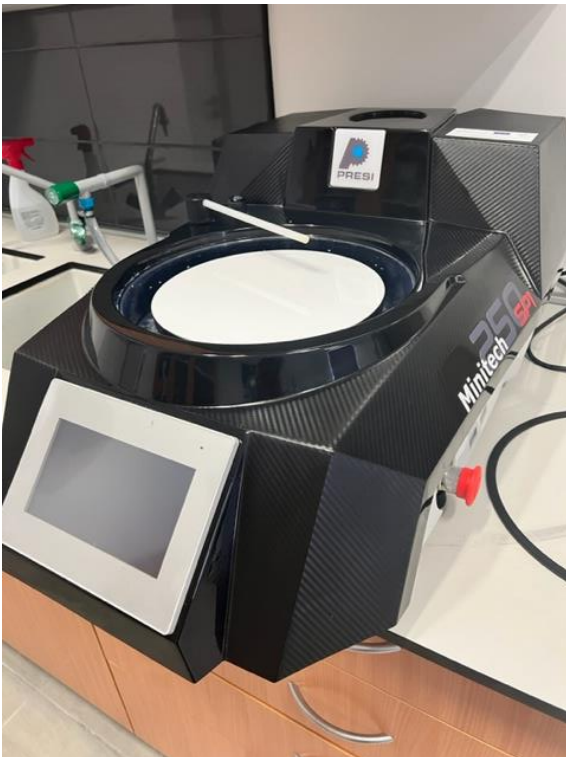
DynaROCK II – prijenosni mjerac tvrdoće (metoda odskoka s udarnim tijelom D) – mjerne skale HRC, HB, HV, HRB, HD, HS, N/mm²



Olympus metalografski mikroskop GX53 s kamerom DP23- CU micro digital camera i softverom Image Analysis Olympus Stream



Olympus stereo mikroskop SZX10



Uređaj za ručnu metalografsku
pripremu uzoraka – PRESI Minitech
250 SP1



Uređaj za ručnu metalografsku pripremu uzoraka – metkon FORCIPOL 1V



kontaktni elektrotopni ekstenzometar MF – Mess- & Feinwerktechnik GMBH za provođenje ispitivanja prema ISO 6892 za rad u rasponu temperatura 10 do 50°C, za mjerenje pomaka/deformacija na površini epruvete u rasponu 0-20 mm

LABORATORIJ ZA TEHNIKE SPAJANJA I ALATNE STROJEVE

(voditelj: doc.dr.sc. Matija Bušić)

Laboratorij je smješten na površini od oko 60 m². Primarna zadaća laboratorija jest izvođenje nastave, uključujući izradu završnih radova na stručnom preddiplomskom studiju Proizvodno strojarstvo te diplomskih radova na sveučilišnom diplomskom studiju Strojarstvo. Pri izvođenju praktičnih vježbi usvajaju se znanja o tehnologiji zavarivanja metala i ostalih tehnika spajanja te obradi odvajanjem čestica konvencionalnim metodama uključujući izradu zupčanika i lančanika, bušenje te ručnu i strojnu izradu navoja. Na realnim elementima konstrukcija može se pratiti slijed tehnoloških operacija i način stezanja obradka, prilagođavati parametre obrade, te mjeriti dimenzije i hrapavost obrađene površine. Korištenjem termo kamere i uređaja za mjerenje vibracija moguće je izvoditi znanstvena istraživanja u području primjene alata i obrade novih materijala. U laboratoriju se izvode ispitivanja u različitim znanstveno-istraživačkim radovima.

Najvažnije istraživačke aktivnosti koje se mogu provoditi u Laboratoriju su:

- istraživanje utjecaja parametara zavarivanja za konvencionalne postupke zavarivanja kao što su REL, MIG/MAG i TIG;
- istraživanje utjecaja parametara pri lemljenju i lijepljenju;
- ispitivanje utjecaja parametara pri plazma rezanju;
- ispitivanje zavarljivosti materijala REL, TIG i MIG/MAG postupcima,
- ispitivanje rezljivosti materijala pomoću plazma rezanja komprimiranim zrakom;
- osiguranje kvalitete zavarenih konstrukcija;
- istraživanje učinkovitosti obuke zavarivača konvencionalnim metodama te pomoću simulatora za zavarivanje;
- uvođenje novih vrsta reznih alata u primjenu;
- unaprjeđenje procesa obrade odvajanjem čestica razumijevanjem i optimiranjem utjecaja različitih parametara na postupak obrade;
- ispitivanje utjecaja različitih vrsta prevlaka na alatima za obradu i obrađenu površinu;
- unapređenje procesa obrade odvajanjem u pogledu zaštite ljudi i okoliša;
- nadzor trošenja alata optimiranjem parametara obrade odvajanjem čestica;
- istraživanje varijabilnosti u izradi CNC programa za različite oblike obradaka;
- istraživanje obradivosti materijala konvencionalnim i CNC alatnim strojevima.

Najvažnija oprema Laboratorija obuhvaća:

- konvencionalni uređaj za MIG/MAG i REL zavarivanje Varstroj VARMIG 230
 - inverterski impulsni uređaj za TIG AC/DC, TIG DC i REL zavarivanje Varstroj VARTIG 2005 AC/DC
 - inverterski impulsni uređaj za MIG/MAG, TIG DC i REL zavarivanje TransSteel 3000 Pulse uređaj za automatizirano pravocrtno vođenje gorionika Promotech Rail Bull sa mogućom oscilacijom
 - uređaj za ručno plazma rezanje komprimiranim zrakom Hypherterm PowerMax 30
 - kovčeg sa mjerilima za mjerenje dimenzija zavarenog spoja LOCK & KEY
 - simulator za zavarivanje REL, TIG i MIG/MAG postupcima FRONIUS Virtual Welding 2.0
 - tračna pila za metal THOMAS ZIP 22 HB;
 - univerzalna alatna glodalica ALFA 5;
 - univerzalna alatna tokarilica CM6241 x 1000;
 - CNC glodači obradni centar HAAS Desktop Mill,
-

- ručni mjerac hrapavosti AMETEK Taylor Hobson Surtronic S – 116.



Uređaj za MIG/MAG i REL zavarivanje Varstroj VARMIG 230



Inverterski uređaj za TIG AC/DC, TIG DC i REL zavarivanje Varstroj VARTIG 2005 AC/DC



Inverterski impulsni uređaj za MIG/MAG, TIG DC i REL zavarivanje TransSteel 3000 Pulse

Uređaj za ručno plazma rezanje komprimiranim zrakom Hypherterm PowerMax 30



Uređaj za automatizirano pravocrtno vođenje gorionika Promotech Rail Bull



Kovčeg sa mjerilima za mjerenje dimenzija zavarenog spoja LOCK & KEY





Simulator za zavarivanje REL, TIG i MIG/MAG postupcima FRONIUS Virtual Welding 2.0



Tračna pila za metal THOMAS ZIP 22 HB



CNC obradni centar HAAS Desktop Mill



Univerzalna alatna glodalica ALFA 5



Univerzalna alatna tokarilica CM6241 x 1000



Alati i obradci



Sveučilište
Sjever

Odjel za strojarstvo



Ručni mjerač hrapavosti AMETEK Taylor Hobson
Surtronic S – 116

LABORATORIJ ZA MODELIRANJE I SIMULACIJE

(voditelj: doc.dr.sc. Jasna Leder Horina)

Laboratorij za modeliranje i simulacije se nalazi u prostoriji U3-211 te se sastoji od dvije prostorije u sklopu kojih je računalna učionica koja je opremljena s 15 računala za studente te jednim računalom za nastavnika. Također, računalna učionica je opremljena projektorom kao i pametnom pločom da bi se učenicima omogućilo bolje prikazivanje i praćenje nastavnog sadržaja.

Laboratorij je prvenstveno orijentiran za izvođenje nastave na stručnom preddiplomskom studiju Proizvodnog strojarstva i sveučilišnom diplomskom studiju Strojarsva te srodnim studijima. Također, bitna uloga laboratorija je izrada završnih i diplomskih radova na oba studija.

Izuzev nastavne djelatnosti, rad u laboratoriju je usmjeren i za rad u znanstveno-istraživačkom području gdje se njeguje znanstveni rad sa studentima te znanstveno-istraživački rad nastavnog osoblja odjela za strojarstvo.

Djelatnost laboratorija se očituje u analizi proizvoda koji se nalaze u razvojnoj fazi kao i fazi projektiranja gdje se uz pomoć CAD alata vrši modeliranje proizvoda a uz pomoć numeričkih metoda, kojima su nadopuna i analitički izrazi, vrše numeričke simulacije u strojarstvu.

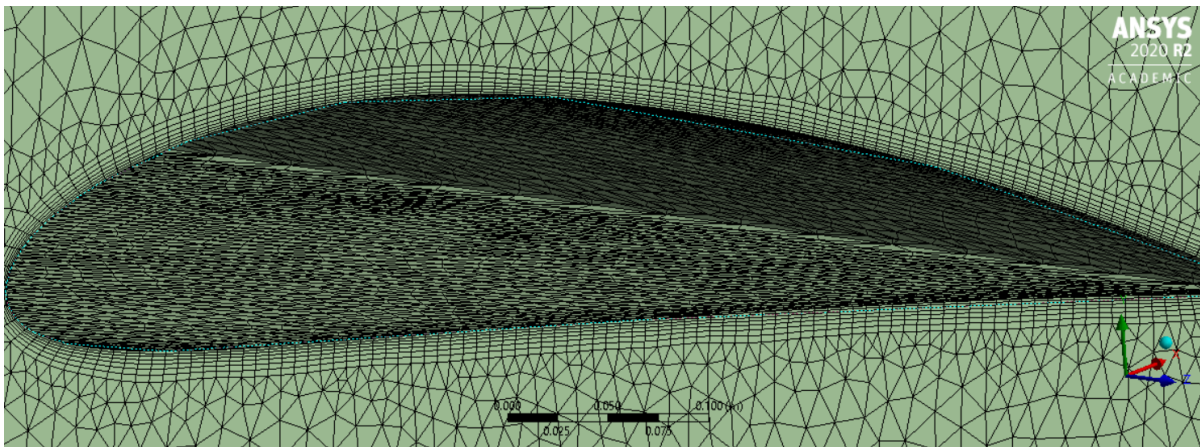
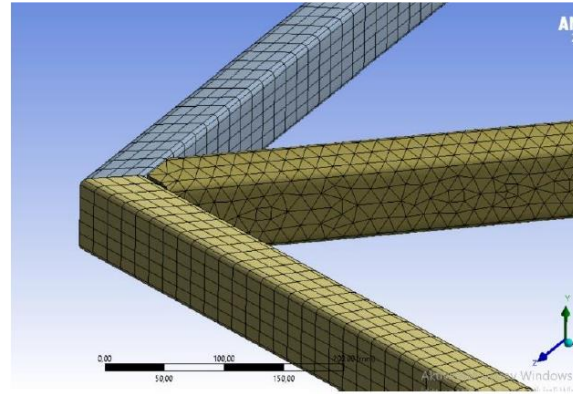
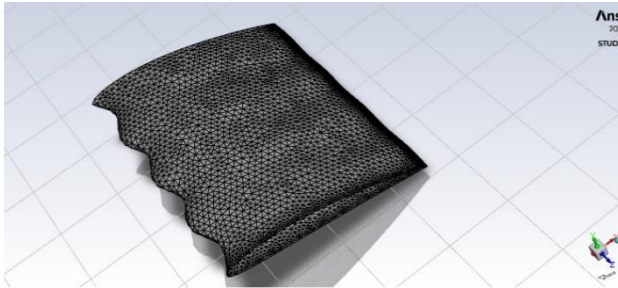
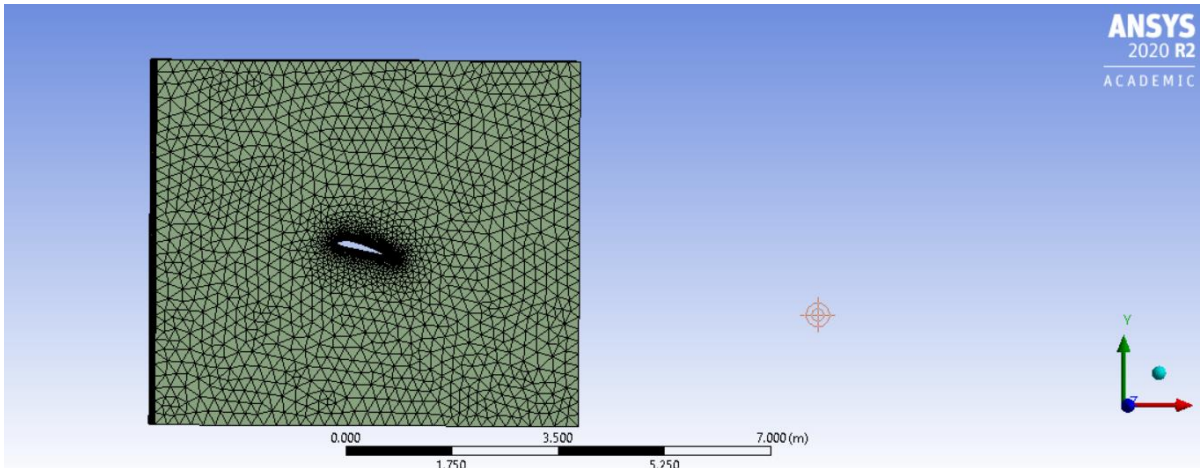
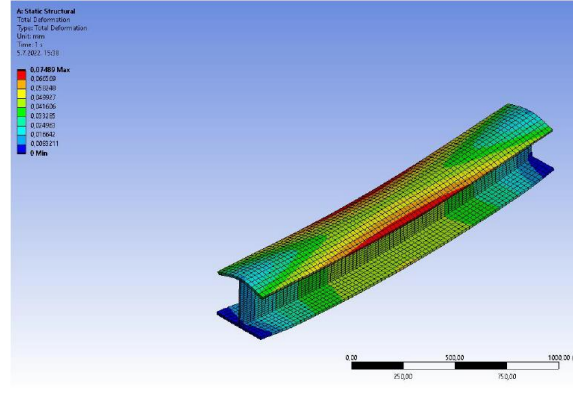
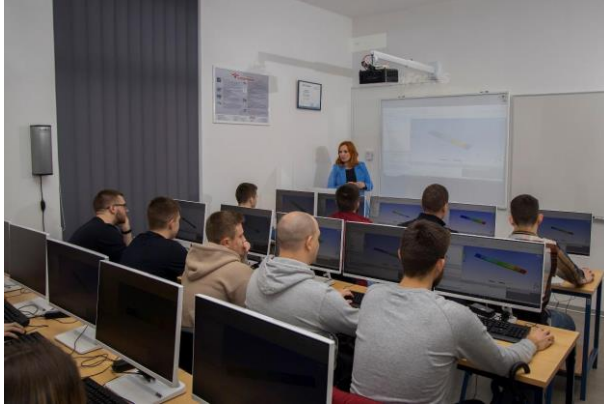
CAD modeliranje obuhvaća izradu 2D crteža tehničke dokumentacije koji se izrađuju u programu AutoCAD, gdje se izrađuju 2D modeli i u programu CREO, gdje se izrađuju 3D modeli.

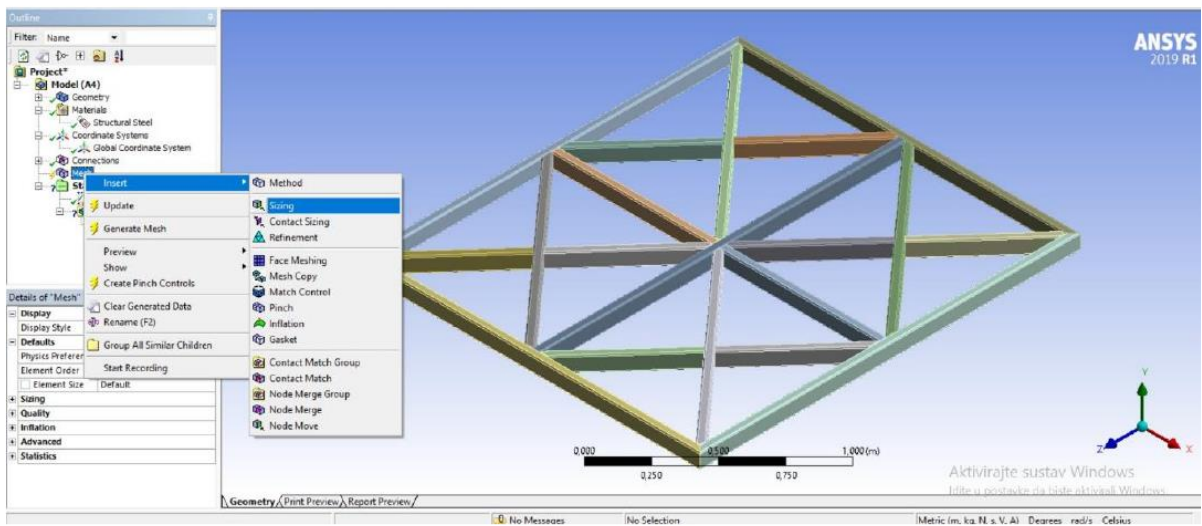
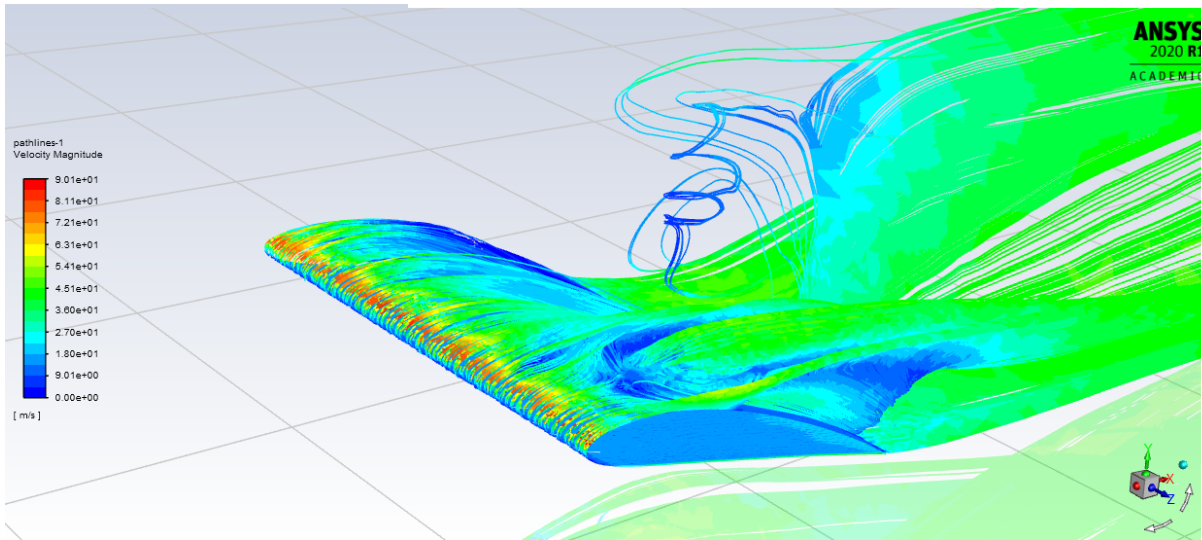
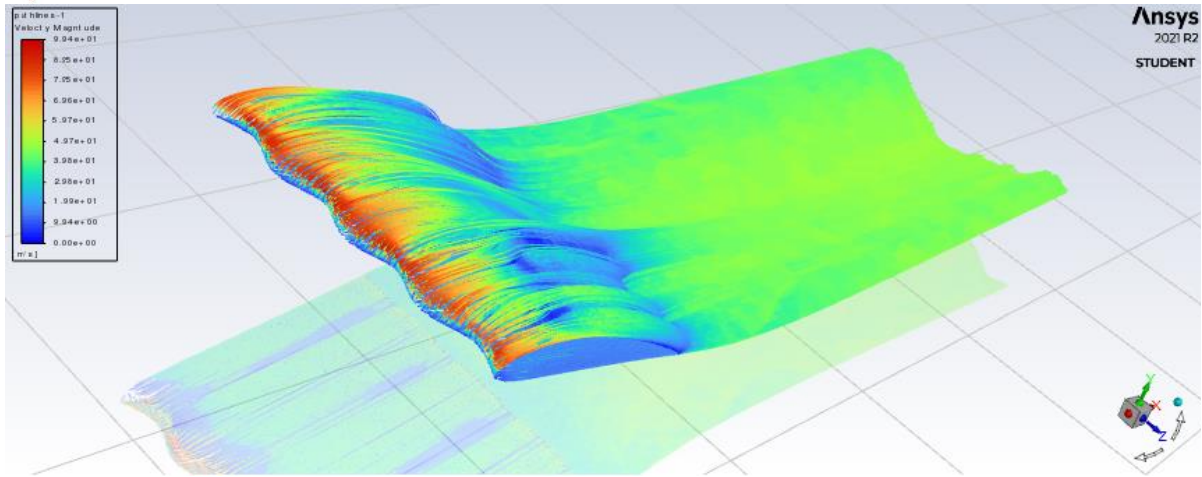
Numeričke simulacije obuhvaćaju modeliranje i numeričku simulaciju čvrstih tijela kao i numeričku simulaciju fluida. Za provedbu numeričkih simulacija se koristi Ansys Workbench koji u sebi ima razne module a u sklopu laboratorija se najviše koriste moduli FEM (Finite Element Method – metoda konačnih elemenata) i CFD (Computational Fluid Dynamics – računalna dinamika fluida).

Oprema i softveri u laboratoriju:

- STOLNO RAČUNALO LENOVO IC AIO 3 i7 - 1165G7 23.8I 16GB7512
- Software:
- ANSYS Workbench
- AutoCAD 2020 Education,
- MS Office 2019 Professional,
- Windows 10 PRO,
- CREO

Buduće aktivnosti laboratorija su suradnja s gospodarstvom usmjerena u konzultiranje te rješavanje konstrukcijskih i proračunskih problema.





LABORATORIJ ZA MJERITELJSTVO I STROJARSKU DIJAGNOSTIKU

(voditelj: doc.dr.sc. Tomislav Veliki)

Laboratorij za mjeriteljstvo i strojarsku dijagnostiku usmjerena je na aktivnosti vezane uz utvrđivanje stanja strojarske tehnike te dimenzionalno i procesno mjeriteljstvo. Laboratorij je osnova za kolegije vezane uz s mjeriteljstvo na prijediplomskom i diplomskom studiju Strojарstva, kao i za dio kolegija sa Mehatronike vezane uz energetsку učinkovitost.

U sklopu dimenzionalnog mjeriteljstva studenti se upoznaju s mjerenjima linearnih dimenzija, kutova, navoja, hrapavosti, pomaka, debljine sloja koristeći kontaktne i beskontaktne metode, te obradom digitalnih signala dobivenih mjerenjem. Laboratorij je uz ostalo opremljen uređajima i opremom

- Insize set plan paralelnih graničnih mjerki N32
- Digitalna mjerila hrapavosti Surtronic Duo i Mono
- Mjerač debljine sloja Elcometer 456F
- Laserski senzori pomaka Micro-Epsilon OptoNCDT

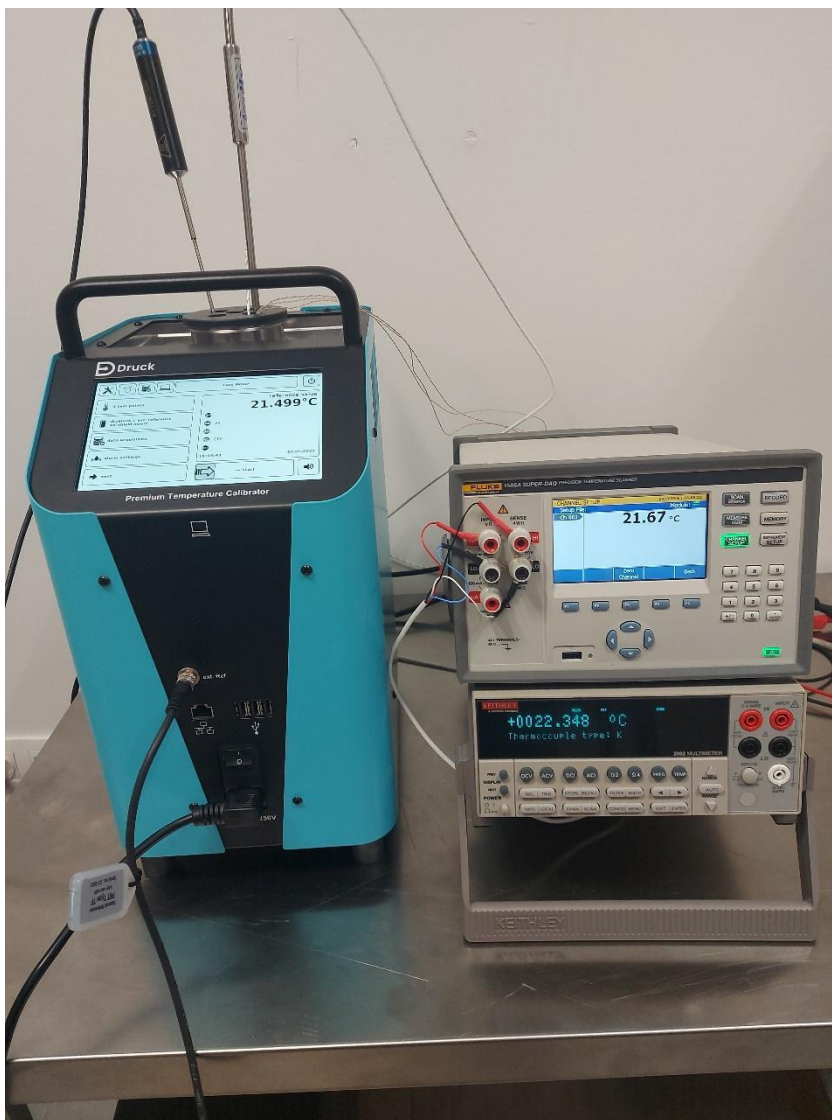


Za procesno mjerenje koriste se mjerni sklopovi za kontaktno mjerenje temperature, tlaka te industrijski dron za mjerenje temperature u infracrvenom području.

U kontaktnom mjerenju temperature prenosi se sljedivost s etalonskih termometara na radne etalone i mjerila pomoću kalibratora temperature te ispitivanje i umjeravanje termometara za znanstvene aktivnosti, studentska istraživanje i korisnike iz industrije. Područje u kojem se u laboratoriju može mjeriti temperatura je -35 °C do 660 °C , a mjerna nesigurnost etalona temperature na 0 °C iznosi 0,002

°C. Uz aktivnosti umjeravanja i ispitivanja termometara u laboratoriju moguće je i mjerenje temperatura do 40 kanala prijenosnom opremom u vanjskom prostoru. Dio opreme za mjerenje temperature:

- Druck kalibrator temperature PTC165, područje $-35\text{ °C} - 165\text{ °C}$
- Additel 875 kalibrator područje $35\text{ °C} - 660\text{ °C}$
- Fluke 1586A super DAQ 40 kanalni multimetar 6,5 znamenki
- Keithley 2002 etalonski multimetar 8,5 znamenki



Pa potrebe mjerenja temperature u terenskim ispitivanjima, otkrivanja propuštanja na termotehničkim instalacijama i otkrivanje toplinskim mostova u građevinama koristi se industrijski dron koji snima i snima u vidljivom spektru te u infracrvenom spektru zbog dvije izmjenjive kamere. Vrijeme trajanja leta je do 20 minuta, visina je ograničena propisom na 120 metara a najveća udaljenost od operatera je 2 kilometra. Djelatnici Sveučilišta imaju dozvolu za pilota bespilotne letjelice te mogu zatražiti otvaranje zakona propisane zone za snimanje kod Hrvatske kontrole zračne plovidbe.

- Industrijski dron Yuneec Y520E
 - Kamera E90 u vidljivom spektru
-

- Kamera ETx u infracrvenom spektru.



Mjerenje tlaka je moguće u području 0,8 bar do 70 bar u laboratoriju i na terenu. Mjerna nesigurnost u cijelom području je 0,025% od očitavanja. Za mjerenja se koriste kalibratori tlaka i izmjenjivi moduli.

Dio opreme za mjerenja tlaka:

- Kalibrator tlaka Fluke 718 300G
 - Fluke modul 750 G 0- 70 bar
-



U okviru strojarske dijagnostike laboratorij se bavi ispitivanje strojeva i uređaja na vibracije, zvuk temperaturu, broj okretaja, međusobni položaj, znakove trošenja i druge parametre izvan projektiranog područja rada. Ispitivanja se mogu provoditi u laboratoriju ili na terenu. Dio opreme za dijagnostiku

- Endoskop SKF THES10
- Tahometar SKF TMRT1
- Stroboskop SKF TKRS10
- Osciloskop Rigol DS1Cz
- Ultrazvučni senzor propuštanja SKF CMIN1
- Mjerač vibracija SKF CMAS100



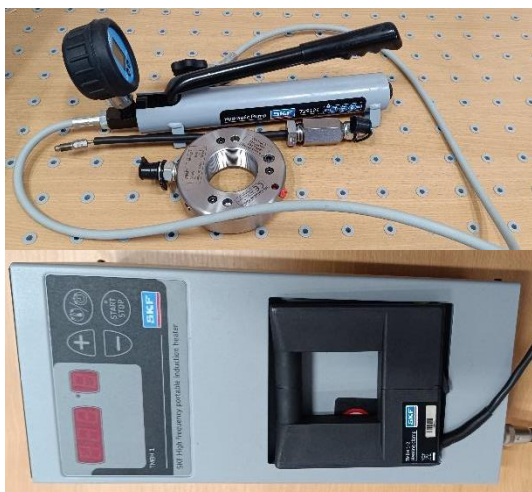
LABORATORIJ ZA ELEMENTE KONSTRUKCIJA

(voditelj: doc.dr.sc. Zlatko Botak)

Laboratorij za elemente konstrukcija prvenstveno je namijenjen za izvođenje praktičnih vježbi u okviru nastave iz područja strojarstva i mehatronike. Najveći dio opreme otpada na montažu, demontažu i dijagnostiku valjnih ležajeva, te mjerenje i kontrolu navoja na vijčanim spojevima.



Laboratorij sadrži veliki broj uzoraka, koji se mogu međusobno kombinirati u podsklopove i sklopove, radi sastavljanja različitih vrsta i oblika prijenosnika snage te promjenu prijenosnog omjera.



Hidraulička matica

Indukcijski grijač



Izvlakač ležajeva