

# INŽENIRING POVRŠIN IN KONTAKTOV

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Inženiring površin in kontaktov
<b>Course title:</b>	Surface and contact engineering
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - Razvojno raziskovalni program, druga stopnja, magistrski (od študijskega leta 2024/2025 dalje)	Konstruiranje (smer)	1. letnik	1. semester	obvezni

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0566872
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	6025-M

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			65	5

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Mitjan Kalin
-----------------------------------	--------------

<b>Izvajalci predavanj:</b>	
<b>Izvajalci seminarjev:</b>	
<b>Izvajalci vaj:</b>	
<b>Izvajalci kliničnih vaj:</b>	
<b>Izvajalci drugih oblik:</b>	
<b>Izvajalci praktičnega usposabljanja:</b>	

**Vrsta predmeta/Course type:**

Obvezni strokovni predmet na smeri Konstruiranje, ki je izbirni strokovni predmet na ostalih smereh./Compulsory specialised course in the study of Design Engineering, which is an elective specialised course in other fields of study.

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

**Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:****Prerequisites:**

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Magistrski študijski program II. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.

Meeting the enrollment conditions for the Master's study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.

**Vsebina:****Content (Syllabus outline):**

1. Predavanje:
  - Značilnosti inženirskih površin, fizikalno-kemijske lastnosti površin, topografija, napredni parametri površin, standardi za metrologijo površin, lastnosti na več skalah.
2. Predavanje:
  - Realna kontaktna površina: topografija in vršički, Deterministični modeli, statistični modeli, GW model, sodobne teorije, indeks plastičnosti.
3. Predavanje:
  - Obličenje površin: teorija, izdelava, vrste, oblike, značilnosti, režimi mazanja, prednosti, slabosti, modeliranje.
4. Predavanje:
  - Kontaktna temperatura: osnove kontaktnih temperatur, enačbe za kontaktne primere, meritve kontaktnih temperatur, empirični modeli, kompleksni modeli.
5. Predavanje:
  - Mehanika mikro kontaktov: adhezija, JKR model kontakta, DMT model kontakta, Maguis model kontaktov

1. Lecture:
  - Properties of engineering surfaces, physio-chemical surface properties, topography, advanced surface parameters, surface metrology standards, multi-scale properties.
2. Lecture:
  - Real contact area: topography and asperities, deterministic models, statistical models, GW model, modern theories, plasticity index.
3. Lecture:
  - Surface texturing: theory, manufacturing, types and shapes, properties, lubrication regimes, advantages and disadvantages, modelling.
4. Lecture:
  - Contact temperature: basics, equations for different cases, measurements, empirical models, complex models.
5. Lecture:
  - Micro-contact mechanics: adhesion, DMT, JKR and Maguis models.
6. Lecture:

<p>6. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modeliranje kontaktov (delavnica): praktični primeri določevanja realne kontaktne površine za inženirske sisteme.</li> </ul> <p>7. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiali za kontakte v inženirskih sistemih: kovine, polimeri, keramika, kompoziti. Lastnosti, prednosti, tribološke značilnosti. Mazanje.</li> </ul> <p>8. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Postopki inženiringa površin: osnovni postopki. Termični, kemijski, fizikalni, mehanski. Značilnosti, lastnosti, prednosti, slabosti.</li> </ul> <p>9. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uporaba inženiringa površin: vrste in izdelava površinskih prevlek za obrabno odpornost, za nizko trenje, za korozijsko zaščito.</li> </ul> <p>10. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Značilnosti površinskih prevlek za tribološke aplikacije: značilnosti prevlek, struktura, napetosti in deformacije, večplastnost, mehanske lastnosti, hrapavost, defekti, razpoke, debelina, mazanje, tribološke lastnosti.</li> </ul> <p>11. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Karakterizacija površinskih prevlek: karakterizacija prevlek, optimizacija prevlek, izbor, uporaba.</li> </ul> <p>12. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontakti v industrijskih procesih: preoblikovanje, odrezavanje, valjanje, iztiskovanje, vlečenje, kovanje, ukrivljanje.</li> </ul> <p>13. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontakti v strojnih elementih in sistemih: kotalni ležaji, drsni ležaji, zobniki, tesnila, zavore, vetrne turbine, motorji z notranjim zgorevanjem, turbine, kompresorji.</li> </ul> <p>14. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontaktni inženiring za tribološke rešitve (viharjenje): analiza sistema, možnosti, koncepti, meritve, izvedba, mape, rešitve, uporaba. Primer.</li> </ul> <p>15. Predavanje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplikacije – primeri: primeri rešitev v avtomobilskih aplikacijah in industriji: ležaji, zavore, zobniki, odrezavanje in</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact modelling (workshop): practical cases of real contact area in engineering systems.</li> </ul> <p>7. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materials for engineering contacts: polymers, ceramics, composites. Properties, advantages, tribological properties and lubrication.</li> </ul> <p>8. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface engineering procedures: basics. Thermal, chemical, physical, mechanical. Properties, advantages, disadvantages.</li> </ul> <p>9. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface engineering use: types and manufacturing of coatings for wear resistance, low friction, corrosion protection.</li> </ul> <p>10. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface coatings properties for tribological applications: properties, structure, stresses and deformation, multi-layering, mechanical properties, roughness, defects, cracks, thickness, lubrication, tribological properties.</li> </ul> <p>11. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surface coating properties: characterisation, optimisation, selection and use.</li> </ul> <p>12. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contacts in manufacturing processes: drawing, cutting, rolling, injection moulding, pulling, smithing, curving.</li> </ul> <p>13. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contacts in machine elements and systems: roller bearings, sliding bearings, gears, seals, brakes, wind turbines, internal combustion engines, turbines, compressors.</li> </ul> <p>14. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contact engineering for tribological systems (brainstorming): system analysis, possibilities, concepts, measurements, realisation, maps, solutions, use. Example.</li> </ul> <p>15. Lecture:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Applications- examples: examples of solutions in automotive industry and applications: bearings, brakes, gears, drawing and cutting, polymer drives, high temperature applications.</li> </ul>
---	---

preoblikovanje, polimerni pogoni, visokotemperaturne aplikacije.	
--	--

### Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. K.L. Johnson: Contact mechanics, Cambridge University Press, 1985 [COBISS.SI-ID <a href="#">1746454</a>]</li> <li>2. I. Iliuc: Tribology of thin layers, Elsevier, 1980 [COBISS.SI-ID <a href="#">358939</a>]</li> <li>3. F.W. Bach, A. Laarmann, T. Wenz: Modern Surface Technology, Wiley-vch, 2006 [COBISS.SI-ID <a href="#">9642779</a>]</li> <li>4. K. Holmberg: Coatings Tribology, Elsevier, 2009 [COBISS.SI-ID <a href="#">10979099</a>]</li> </ol>
---

### Cilji in kompetence:

### Objectives and competences:

<p>Cilji:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Spoznati različne inženirske površine, možnosti obdelave in njihovo uporabo.</li> <li>2. Spoznati in razumeti temeljne koncepte s področja inženirskih površin in kontaktov.</li> <li>3. Spoznati različne površinske prevleke, njihovo karakterizacijo in uporabo.</li> <li>4. Razumeti in znati analizirati inženirske kontakte glede na aplikacijo.</li> </ol> <p>Kompetence:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P2-MAG: Obvladovanje temeljnih teoretičnih znanj s področja inženiringa površin in kontaktov.</li> <li>2. S1-MAG: Sposobnost razumevanja uporabe različnih inženirskih površin in prevlek.</li> <li>3. S2-MAG + P1-MAG: Sposobnost razumevanja, vrednotenja in analize inženirskih kontaktov glede na aplikacijo.</li> <li>4. S7-MAG + P7-MAG: Samostojna sinteza in modeliranje inženirskih kontaktov.</li> </ol>	<p>Goals:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. To get to know different engineering surfaces, surface processing options and their use.</li> <li>2. To get to know and understand the basic concepts of engineering surfaces and contacts.</li> <li>3. To get to know various surface coatings, their characterisation and use.</li> <li>4. To understand and know how to analyse engineering contacts based on the applications.</li> </ol> <p>Competences:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P2-MAG: The basic theoretical knowledge of surface engineering and contacts.</li> <li>2. S1-MAG: The ability to understand the use of various engineering surfaces and coatings.</li> <li>3. S2-MAG + P1-MAG: The ability to understand, evaluate and analyse engineering contacts based on the application.</li> <li>4. S7-MAG + P7-MAG: Independent synthesis and modelling of engineering contacts.</li> </ol>
---	---

### Predvideni študijski rezultati:

### Intended learning outcomes:

Znanja:	Knowledge:
---------	------------

<p>Z2: Poglobljeno teoretično, metodološko in analitično znanje z elementi raziskovanja s področja inženiringa površin in kontaktov.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S2.1 Razumevanje lastnosti in uporabe inženirskih površin in površinskih prevlek glede na aplikacijo.</p> <p>S2.2 Samostojno načrtovanje in modeliranje inženirskih kontaktov.</p> <p>S2.3 Sposobnost vrednotenja in analize inženirskih površin in prevlek.</p>	<p>Z2: In depth theoretical, methodological and analytical knowledge with research elements from the field of surface engineering and contacts.</p> <p>Abilities:</p> <p>S2.1 Understanding the properties and use of engineering surfaces and surface coatings based on the applications.</p> <p>S2.2 Independent design and modelling of engineering contacts.</p> <p>S2.3 The ability to evaluate and analyse engineering surfaces and coatings.</p>
---	---

#### **Metode poučevanja in učenja:**

#### **Learning and teaching methods:**

<p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje.</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki (e-verzija predstavitev predavanj).</p> <p>P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.</p>	<p>P1 Auditorial lectures, which include solving theoretical and practical examples relevant to the field.</p> <p>P2 Content teaching in an orderly and systematical fashion.</p> <p>P3 Auditorial tutorials, which upgrade the theoretical knowledge from the lectures with practical cases.</p> <p>P4 Lab tutorials.</p> <p>P5 Use of study materials (e-version of lecture materials).</p> <p>P15 Use of video contents as preparation for lectures and tutorials.</p>
---	---

#### **Načini ocenjevanja:**

#### **Delež/ Weight**

#### **Assessment:**

Teoretična snov (predavanja)	70,00 %	Theoretical knowledge (lecture)
Samostojno delo na vajah	10,00 %	Independent tutorial work
Laboratorijsko delo na vajah (vključno s poročili)	10,00 %	Lab tutorial work (with reports)
Seminar	10,00 %	Seminar

**Ocenjevalna lestvica:****Grading system:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10

5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10

**Reference nosilca/Lecturer's references:****Mitjan Kalin:**

1. KITANO, Houichi, DOHDA, Kuniaki, **KALIN, Mitjan**, EHMANN, Kornel F. Gallium growth analysis in metal forming. *Manufacturing letters*. Apr. 2018, vol. 16, f. 32-35, ilustr. ISSN 2213-8463. [COBISS.SI-ID [16119835](#)]
2. BRODNIK ŽUGELJ, Blaž, **KALIN, Mitjan**. Submicron-scale experimental analyses of multi-asperity contacts with different roughnesses. *Tribology international*. [Print ed.]. Mar. 2018, vol. 119, str. 667-671, ilustr. ISSN 0301-679X. [COBISS.SI-ID [15800091](#)]
3. BRODNIK ŽUGELJ, Blaž, **KALIN, Mitjan**. In-situ observations of a multi-asperity real contact area on a submicron scale. *Strojniški vestnik*. June 2017, vol. 63, no. 6, str. 351-362, si 51, ilustr. ISSN 0039-2480. [COBISS.SI-ID [15543579](#)]
4. **KALIN, Mitjan**, POGAČNIK, Aljaž, ETSION, I., RAEYMAEKERS, B. Comparing surface topography parameters of rough surfaces obtained with spectral moments and deterministic methods. *Tribology international*. [Print ed.]. Jan. 2016, vol. 93, pt. a, str. 137-141, ilustr. ISSN 0301-679X. [COBISS.SI-ID [14288923](#)]
5. KOMELJ, Matej, **KALIN, Mitjan**, DURHAM, John. Ab-initio investigation of chemical-bond formation at the diamond-like carbon surface. *Lubrication science*. 2014, vol. 26, issue 6, str. 440-445. ISSN 0954-0075. DOI: [10.1002/lis.1260](#). [COBISS.SI-ID [27587111](#)]