

NAČRTOVANJE ODREZAVANJA IN CAM

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------|
| Predmet: | Načrtovanje odrezavanja in CAM |
| Course title: | PLANNING OF MACHINING AND CAM |
| Članica nosilka/UL Member: | UL FS |

| Študijski programi in stopnja | Študijska smer | Letnik | Semestri | Izbirnost |
|---|-------------------------------|---------------|-----------------|------------------|
| Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni | Proizvodne tehnologije (smer) | 3. letnik | 1. semester | obvezni |

| | |
|--|---------|
| Univerzitetna koda predmeta/University course code: | 0563512 |
| Koda učne enote na članici/UL Member course code: | 3061-V |

| 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 | | | 40 | 4 |

| | |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| Nosilec predmeta/Lecturer: | Davorin Kramar , Franci Pušavec |
|-----------------------------------|---------------------------------|

| | |
|---|--|
| Izvajalci predavanj: | |
| Izvajalci seminarjev: | |
| Izvajalci vaj: | |
| Izvajalci kliničnih vaj: | |
| Izvajalci drugih oblik: | |
| Izvajalci praktičnega usposabljanja: | |

Vrsta predmeta/Course type:

Izbirni strokovni predmet /Elective specialised course

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.

Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.

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

1. Umestitev izdelovalnih postopkov
 - Delitev izdelovalnih postopkov
 - Izbira izdelovalnih postopkov
 - Določevanje strategij izdelave
2. Uvod v odrezovalne postopke
 - Sodobni postopki odrezavanja
 - Prednosti in problematike
 - Produktivnost
3. Obdelovalni parametri in obdelana površina
 - Kakovost obdelane površine
 - Vpliv parametrov
 - Zagotavljanje geometrijskih toleranc
4. Aplikativni mehanizmi obrabe
 - Obraba rezalnih orodij
 - Mehanizmi obrabe
 - Obstočnost
5. Hladilno mazalni principi
 - Hlajenje odrezovalnih procesov
 - Mazanje odrezovalnih procesov
 - Hladilno mazalni principi
6. Načrtovanje izdelave izdelka
 - Faze v razvoju in izdelavi izdelka
 - Geometrijske entitete, ki določajo odrezovalne procese
 - Grobe/fine obdelave in eventuelne naknadne obdelave
7. Obdelovalne strategije
 - Izbira in načrtovanje izdelovalnih postopkov
 - Izbira in načrtovanje strategij obdelave

1. Placement of manufacturing processes
 - Division of manufacturing processes
 - Selection of manufacturing processes
 - Manufacturing strategies definition
2. Introduction to machining processes
 - Modern machining procedures
 - Advantages and problems
 - Productivity
3. Machining parameters and machined surface
 - Quality of machined surface
 - Influence of parameters
 - Assurance of geometrical tolerances
4. Applicable wear mechanisms
 - Cutting tool wear
 - Wear mechanisms
 - Tool life
5. Cooling lubrication principles
 - Cooling of machining processes
 - Lubrication of machining processes
 - Cooling lubrication principles
6. Product production planning
 - Phases in development and manufacturing of the products
 - Geometrical entities that define machining processes
 - Roughing/finishing and needed post processing
7. Manufacturing strategies
 - Selection and design of manufacturing

| | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> □ Substitucije obdelovalnih postopkov 8. CAM podprto načrtovanje □ Definiranje obdelovalnih poti □ G - koda □ Uporaba CAM-a kot orodje za pripravo orodnih poti 9. Osnove CAM postopka □ CAM - priprava vpetja □ CAM - definiranje orodij □ CAM - koordinatni sistemi 10. Aplikacija CAM na različne odrezovalne procese □ CAM - Struženje □ CAM - Posebnosti □ CAM - Simulacije 11. Aplikacija CAM na različne odrezovalne procese □ CAM - frezanje □ CAM - Posebnosti □ CAM - Simulacije 12. Generiranje G-kode □ G sekvence □ Postprocesiranje □ Vloga postprocesorja 13. Obdelovalnost kovin □ Obdelovalnost jekel in železovih zlitin □ Obdelovalnost visoko-temperaturnih zlitin 14. Obdelovalnost mehkejših materialov □ Obdelovalnost barvnih kovin □ Obdelovalnost nekovinskih materialov 15. Določevanje ekonomske upravičenosti odrezovalnih procesov □ Optimiranje odrezovalnih procesov □ Ekonomika odrezovalnih procesov □ Vpliv stoja in velikosti serije na ekonomiko/produktivnost (lahko tudi gostujoči) | <ul style="list-style-type: none"> processes □ Selection and planning of machining strategies □ Substitutions of machining processes 8. CAM supported design □ Definition of machining paths □ G - code □ Using CAM as a tool for toolpath generation 9. Basics of CAM procedure □ CAM - clamping preparation □ CAM - defining the cutting tools □ CAM - coordiante systems 10. CAM applicaiton on different machining processes □ CAM - Turning □ CAM - Specialities □ CAM - Simulations 11. CAM applicaiton on different machining processes □ CAM - Milling □ CAM - Specialities □ CAM - Simulations 12. G-code generation □ G sequences □ Postprocessing □ Postprocessor role 13. Machinability of metals □ Machining performance of steel and ferrous alloys □ Machining performance of high temperature alloys 14. Machinability of softer materials □ Machining performance of non-ferrous metals □ Machining performance of non-metallic materials 15. Determining the economic viability of machining processes □ Optimisation of machining processes □ Economics of machining processes □ Impact of machine tool and batch size on economics / productivity (can be hosted) |
|--|--|

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. I. Zeid, R. Sivasubramanian: CAD/CAM : Theory and Practice, McGraw Hill

Education, 2009.

2. J. Kopač: Odrezavanje – Teoretične osnove in tehnološki napotki, 2008, Ljubljana.
3. F. Klocke: Manufacturing Processes 1. Springer-Verlag Berlin, 2011
4. F. Pušavec, J. Kopač: Sustainability of modern metal cutting processes: assessment of cryogenic machining. Ljubljana, 2012
5. G. Globočki-Lakić, D. Kramar, J. Kopač: Metal cutting: theory and applications. Banja Luka, Ljubljana, 2014
- Janez Kopač, Mirko Soković: Tehnika odrezovanja. Ljubljana, 1993

Cilji in kompetence:

Cilji:

1. Pridobiti aplikativna znanja s področja odrezovalnih procesov.
2. Pridobiti aplikativna znanja s področja obdelovalnih strojev in CAM računalniško podprtega načrtovanja obdelovalnih strategij.
3. Seznanitev z naprednimi in inovativnimi odrezovalnimi procesi in tehnologijami.
4. Poznavanje postavljanja tehnologij, izračunov časov obdelav, obremenitev orodij, ter obstojnosti za optimalno delovanje procesov.

Kompetence:

1. S5-PAP, P1-PAP, P3-PAP: Razumevanje fizikalnih zakonov gibanja obdelovalnih strojev in rezalnega orodja.
2. S1-PAP, S2-PAP, P1-PAP, P8-PAP: Sposobnost izbire primernih obdelovalnih strategij za dani izdelek in njegova umestitev na obdelovalni stroj/krmilnik.
3. S1-PAP, P3-PAP, P4-PAP: Sposobnost preverjanja dimenzijske ustreznosti obdelovancev/strojev.
4. S10-PAP, S13-PAP, S14-PAP: Razumevanje tujih strokovnih tekstov in zapisovanje dognanj.

Objectives and competences:

Objectives:

1. To acquire applied knowledge in the field of machining processes.
2. To acquire applied knowledge in the field of machine tools and CAM computer-aided design of machining strategies.
3. Familiarity with advanced and innovative machining processes and technologies.
4. Knowledge of technology layout, cycle time calculations, tool loads and tool life for optimal processes performance.

Competences:

1. S5-PAP, P1-PAP, P3-PAP: Understanding the physical laws of motion of machine tools and cutting tools.
2. S1-PAP, S2-PAP, P1-PAP, P8-PAP: Ability to select suitable machining strategies for a given product and its placement on machine tools/controller.
3. S1-PAP, P3-PAP, P4-PAP: Ability to check workpiece/machine tool dimensional entities.
4. S10-PAP, S13-PAP, S14-PAP: Understanding foreign professional texts and reporting of outcomes.

Predvideni študijski rezultati:

Znanja:

Poglobljeno strokovno, teoretično in praktično znanje na področju gibanja obdelovalnih strojev, orodij in strategij

Intended learning outcomes:

Knowledge:

In-depth professional, theoretical and practical knowledge of the movement of machine tools, cutting tools and

| | |
|---|--|
| <p>obdelave, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1 Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil, ki vključujejo tudi uporabo CAM programskih orodij.</p> <p>S1.2 Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov ob samostojni uporabi znanja na novih delovnih situacijah, CAM okoljih, in odrezovalnih strojih.</p> <p>S1.4 Osnova za izvirna dognanja/ stvaritve in kritično refleksijo.</p> | <p>machining strategies, supported by a broader theoretical and methodological basis.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.1 Perform complex operational and professional tasks that also include the use of CAM software tools.</p> <p>S1.2 Mastering complex work processes with the independent use of knowledge in new work situations, CAM environments and machine tools.</p> <p>S1.4 Basis for original findings / creations and critical reflection.</p> |
|---|--|

Metode poučevanja in učenja:

| |
|--|
| P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov. |
| P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki. |
| P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri. |
| P6 Interaktivna predavanja |
| P7 Študij literature in razprava |
| P8 Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog |
| P10 Uporaba anket v realnem času |
| P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje |

Learning and teaching methods:

| |
|---|
| P1 Lectures by solving selected - typical for field - theoretical and practical examples. |
| P2 Treatment of the substance according to an orderly and pre-interpreted systematics |
| P3 Practical classes where theoretical knowledge from lectures is supported by computational examples |
| P6 Interactive lectures |
| P7 Literature studies and discussion |
| P8 Design and presentation of applied seminar papers. |
| P10 Use real-time surveys. |
| P15 Use video content to prepare for lectures and tutorials. |

Načini ocenjevanja:

Delež/ Weight

Assessment:

| | | |
|---|---------|-------------------------------------|
| Teoretične vsebine (predavanja) | 50,00 % | Theoretical content (lectures) |
| Delo na laboratorijskih vajah (vključno s poročili) | 30,00 % | Laboratory work (including reports) |
| Seminar | 20,00 % | Seminar |

Reference nosilca/Lecturer's references:

Franci Pušavec:

1. GRGURAŠ, Damir, KERN, M., **PUŠAVEC, Franci**. Cutting performance of solid ceramic and carbide end milling tools in machining of nickel based alloy Inconel 718 and stainless steel 316L. *Advances in production engineering & management*, ISSN 1854-6250. [Tiskana izd.], Mar. 2019, vol. 14, nr. 1, str. 27-38, ilustr. http://apem-journal.org/Archives/2019/APEM14-1_027-038.pdf, doi: 10.14743/apem2019.309. [COBISS.SI-ID [16539931](#)].
2. MARUDA, Radoslaw W., KROLCZYK, Grzegorz M., FELDSHTEIN, Eugene, NIESLONY, Piotr, TYLISZCZAK, Bozena, **PUŠAVEC, Franci**. Tool wear characterizations in finish turning of AISI 1045 carbon steel for MQCL conditions. *Wear*, ISSN 0043-1648. [Print ed.], Jan. 2017, vol. 372/373, str. 54-67, ilustr. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164816307451>, doi: 10.1016/j.wear.2016.1006. [COBISS.SI-ID [15142939](#)].
3. ČERČE, Luka, **PUŠAVEC, Franci**, KOPAČ, Janez. 3D cutting tool-wear monitoring in the process. *Journal of mechanical science and technology*, ISSN 1738-494X, Sep. 2015, vol. 29, iss. 9, str. 3885-3895, ilustr., doi: 10.1007/s12206-015-0834-2. [COBISS.SI-ID [14193947](#)].
4. **PUŠAVEC, Franci**, KOPAČ, Janez. System and method for delivery of liquid cryogenic fluid to machining tools : EP2347855 (B1), 2012-05-16. [Geneva]: European Patent Office, 2012. 13 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [12287259](#)].
5. HRIBERŠEK, Matija, **PUŠAVEC, Franci**, KOPAČ, Janez. Simulation of the cutting process and reality. V: JUNKAR, Mihael (ur.), et al. MIT 2014 : proceedings of the 13th International Conference on Management of Innovative Technologies, Fiesa, Slovenia, 28th - 30th September 2014, 13th International Conference on Management of Innovative Technologies, Fiesa, Slovenia, 28th - 30th September 2014. Ljubljana: LAT - Laboratory for Alternative Technologies, Faculty of Mechanical Engineering. 2014, f. 12-18, ilustr. <https://mitconference.files.wordpress.com/2014/12/mit2014-conference-proceedings.pdf>. [COBISS.SI-ID [13927451](#)].

Davorin Kramar:

1. **KRAMAR, Davorin**, CICA, Djordje. Modeling and optimization of finish diamond turning of spherical surfaces based on response surface methodology and cuckoo search algorithm. *Advances in production engineering & management*, ISSN 1854-6250, Sep. 2021, vol. 16, no. 3, str. 326-334, ilustr. http://apem-journal.org/Archives/2021/Abstract-APEM16-3_326-334.html, doi: [10.14743/apem2021.3.403](#). [COBISS.SI-ID [87359491](#)], [JCR, SNIP, WoS do 26. 10. 2022: št. citatov (TC): 2, čistih citatov (CI): 2, [Scopus](#) do 13. 2. 2023: št. citatov (TC): 4, čistih citatov (CI): 4]
2. BOROJEVIĆ, S., LUKIC, Dejan, MILOŠEVIĆ, Miloš, VUKMAN, J., **KRAMAR, Davorin**. Optimization of process parameters for machining of Al 7075 thin-walled structures. *Advances in production engineering & management*, ISSN 1854-6250, Jun. 2018, vol. 13, no. 2, str. 125-135, ilustr. http://apem-journal.org/Archives/2018/APEM13-2_125-135.pdf, doi: [10.14743/apem2018.2.278](#). [COBISS.SI-ID [16188443](#)], [JCR, SNIP, WoS do 22. 1. 2023: št. citatov (TC): 23, čistih citatov (CI): 23, [Scopus](#) do 7. 1. 2023: št. citatov (TC): 25, čistih citatov (CI): 25]
3. GRGURAŠ, Damir, **KRAMAR, Davorin**. Optimization of hybrid manufacturing for surface quality, material consumption and productivity improvement. *Strojniški vestnik*, ISSN 0039-2480, Oct. 2017, vol. 63, no. 10, str.

- 567-576, SI 83, ilustr., doi: [10.5545/sv-jme.2017.4396](https://doi.org/10.5545/sv-jme.2017.4396). [COBISS.SI-ID [15707931](#)], [[JCR](#), [SNIP](#), [WoS](#) do 26. 10. 2022: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 8, [Scopus](#) do 20. 9. 2022: št. citatov (TC): 8, čistih citatov (CI): 8]
4. ENIKO, Peter, SOKOVIĆ, Mirko, **KRAMAR, Davorin**. Influence of non-productive operations on product quality. *Strojniški vestnik*, ISSN 0039-2480, Mar. 2016, vol. 62, no. 3, str. 197-204, SI 29, ilustr., doi: [10.5545/sv-jme.2015.3109](https://doi.org/10.5545/sv-jme.2015.3109). [COBISS.SI-ID [14547227](#)], [[JCR](#), [SNIP](#), [WoS](#) do 26. 10. 2022: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1, [Scopus](#) do 27. 6. 2017: št. citatov (TC): 1, čistih citatov (CI): 1]
5. ÇALŞKAN, Halil, KURBANOĞLU, Cahit, PANJAN, Peter, **KRAMAR, Davorin**. Investigation of the performance of carbide cutting tools with hard coatings in hard milling based on the response surface methodology. *International journal of advanced manufacturing technology*, ISSN 0268-3768, 2013, vol. 66, no. 5-8, str. 883-893, doi: [10.1007/s00170-012-4374-y](https://doi.org/10.1007/s00170-012-4374-y). [COBISS.SI-ID [26698279](#)], [[JCR](#), [SNIP](#), [WoS](#) do 26. 10. 2022: št. citatov (TC): 29, čistih citatov (CI): 28, [Scopus](#) do 14. 2. 2023: št. citatov (TC): 40, čistih citatov (CI): 37]