NAČRTOVANJE TOPLOTNE OBDELAVE

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Načrtovanje toplotne obdelave
Course title:	HEAT TREATMENT PLANNING
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	obvezen

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0563513
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	3062-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:	Roman Šturm
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. Osnove razumevanja toplotne obdelave, osnovni metalurški vidiki toplotne obdelave: Osnove, lastnosti in mikrostrukture, Vrste toplotnih obdelav: normaliziranje, žarjenje, kaljenje, popuščanje, mehčanje, modifikacija materiala, kaljivost, prekaljivost, površinske toplotne obdelave.	1. Fundamental understanding of heat treatment, basic metallurgical aspects of heat treatment: Fundamentals, properties and microstructures, Types of heat treatments: normalization, annealing, tempering, softening, material modification, hardening, hardenability, surface heat treatment.
2. Segrevanje: Radiacija, vakuumsko in konvekcijsko segrevanje, uporovno in induktivno segrevanje, vplivni parametri, primeri pravilne izbire načina segrevanja materiala.	2. Heating: Radiation, vacuum and convection heating, resistive and inductive heating, influencing parameters, examples of the correct choice of material heating mode.
3. Peči in naprave za segrevanje: Osnovne značilnosti, volumni, hitrost segrevanja in konstantnost držanja temperature, načini merjenja temperature, postavitev peči in naprav za segrevanje v proizvodnjo, določevanje časov segrevanja glede na izbrano temperaturo in material, določevanje časov držanja glede na temperaturo in material, atmosfera.	3. Furnaces and heating installations: Basic characteristics, volumes, heating rate and holding temperature, methods of measuring temperature, placing furnaces and heating installations in production, determining heating times according to the selected temperature and material, determining holding times according to temperature and material, atmosphere.
4. Gasilna sredstva: Hladilni mediji: voda, slanica, olje, zrak, polimeri, cryogeno kaljenje, vpliv na okolje, naprave za gašenje, postavitev v proizvodnji, učinkovitost gasilnih sredstev, določevanje ustreznih hladilnih sredstev glede na zahtevano hitrost gašenja.	4. Quenching media: water, brine, oil, air, polymers, cryogenic tempering, environmental impact, quenching devices, production layout, efficiency of extinguishing agents, determination of appropriate refrigerants according to the required cooling down rate.
5. Načrtovanje in vrste toplotne obdelave glede na: Vrsto materiala, velikost izdelka, zahtevano trdoto in žilavost materiala.	5. Design and types of heat treatment according to: Material type, product size, required hardness and material toughness.
6. Toplotna obdelava ulitkov: Upoštevanje velikosti ulitka, vrste materiala, zagotavljanje zahtevanih lastnosti ulitka, stanje zaostalih napetosti, časi žarjenja, postopki toplotne obdelave.	6. Heat treatment of castings: Consideration of the size of the casting, the type of material, the provision of the required casting properties, the state of residual stresses, annealing times, heat treatment processes.
	7. Cast iron heat treatment:

7. Toplotna obdelava litega železa: Klasifikacija in sestava (konstitucija) litega železa, toplotna obdelava majhnih in velikih ulitkov sive litine glede na zagotavljanje zahtevanih mikrostruktur, zaostalih napetosti in mehanskih lastnosti.	Classification and composition (constitution) of cast iron, heat treatment of small and large cast iron castings with respect to providing the required microstructures, residual stresses and mechanical properties.
8. Toplotna obdelava konstrukcijskih jekel: Vpliv ogljika in legirnih elementov na določevanje parametrov ustrezne toplotne obdelave, varjenje in toplotna obdelava.	8. Heat treatment of structural steels: The influence of carbon and alloying elements on the determination of the parameters of appropriate heat treatment, welding and heat treatment.
9. Toplotna obdelava orodnega jekla: Termični šoki, brez-deformacijsko kaljenje, utrjevanje v vročem, hitrorezna jekla, vrste in značilnosti orodnih jekel, toplotna obdelava maraging jekel, določevanje vplivnih faktorjev, najpogostejše napake.	9. Tool steel heat treatment: Thermal shocks, non-deformation hardening, secondary hardening, high speed steels, types and characteristics of tool steels, heat treatment of maraging steels, determination of influencing factors, the most common errors.
10. Toplotna obdelava nerjavnih jekel: Feritna, martenzitna in avstenitna nerjavna jekla, toplotna obdelava za zagotavljanje zahtevanih mehanskih lastnosti, precipitacijsko utrjevanje nerjavnih jekel.	10. Stainless steel heat treatment: Ferritic, martensitic and austenitic stainless steels, heat treatment to provide the required mechanical properties, precipitation hardening of stainless steels.
11. Toplotna obdelava neželeznih kovin in zlitin (Al, Cu, Mg, Ni…): Toplotna obdelava ulitkov in polizdelkov, utrjevanje v hladnem, žarjenje in rekristalizacija, mehanske lastnosti, precipitacijsko utrjevanje, staranje, prestaranje.	11. Non-ferrous metal and alloy heat treatment (Al, Cu, Mg, Ni…): Heat treatment of castings and semi-finished products, cold hardening, annealing and recrystallization, mechanical properties, precipitation hardening, aging, overaging.
12. Termo-mehanske toplotne obdelave: Določevanje temperatur in časov med dvema zaporednima mehanskima deformacijama, vplivi temperature in časa, stopnje deformacije na mikrostrukturo in mehanske lastnosti materiala.	12. Thermo-mechanical heat treatment: Determination of temperatures and times between two successive mechanical deformations, effects of temperature and time, degree of deformation on the microstructure and mechanical properties of the material.
13. Praktični primeri pri planiranju toplotne obdelave: Vhodno stanje, diagram temperatura-čas, izhodno stanje, izbira načina segrevanja in ohlajanja, možne alternative.	13. Practical examples of heat treatment planning: Input state, temperature-time diagram, output state, choice of heating and cooling mode, possible alternatives.
14. Načrtovanje procesa toplotne obdelave in izdelava procedur: Metode toplotne obdelave, vrsta opreme, pravila za hitrost segrevanja, časi držanja, izbira	14. Design of heat treatment process and procedure design: Heat treatment methods, type of equipment, rules for determining heating rate, holding times, selection of holding temperature, cooling speed, recording and

temperature držanja, ohlajevalne hitrosti, beleženje in upravljanje toplotne obdelave, napake pri kalibraciji in izvedbi toplotne obdelave. 15. Dimenzioniranje opreme, kapacitete: Učinkovitost, smiselnost izbire.	management of heat treatment, calibration errors and heat treatment performance errors. 15. Equipment sizing, capacities: Efficiency, reasonableness of choice.

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. D. R. Askeland: The science and engineering of materials, Sixth Edition, Chapman & Hall, London, 2011
2. M. Philip, B. Bolton: Technology of engineering materials, Butterworth Heinemann, Oxford, 2007
3. J.F.Shackelford: Introduction to materials science for engineers, fifth edition, Prentince Hall, 2000
4. Moderno proizvodno inženirstvo, priročnik, ur. Karl Kuzman, Grafis trade, 2010
5. H.E. Boyer: Practical heat treatment,American society for metals, 1984

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: 1. Spoznati različne vrste segrevanja materiala, kaj se z mikrostrukturnega vidika dogaja med segrevanjem materiala in kakšne lastnosti materiala lahko dosežemo po ohlajanju v različnih sredstvih z različno stopnjo intenzivnosti ohlajanja. 2. Spoznati stroje in naprave za izvedbo toplotne obdelave vključno s potrebnimi dodatnimi površinami za posluževanje, transport, vzdrževanje. 3. Spoznati določevanje časov za izvedbo posameznih elementov procesa toplotne obdelave materiala.	Objectives: 1. To find out the different types of heat treatment of metallic materials, what happens from the microstructural point of view during the heating of the material and what properties of the material can be achieved after cooling in different media with different degrees of cooling intensity. 2. To know the technological parameter of heat treatments. 3. To know the machines and devices in connection with determining the time for the implementation of the individual elements of the process of heat treatment of the material.
Kompetence: 1. S1,S2-PAP+P1,P3-PAP: Sposobnost ocenjevanja lastnosti toplotno obdelanih materialov z vidika nastale mikrostrukture in doseženih lastnosti. 2. S1,S2-PAP+P1,P3-PAP: Dobro poznavanje postopkov toplotne obdelave materialov in izbire ustreznega načina glede na zahtevane mehanske lastnosti materiala. 3. S3,S7-PAP+P3,P9-PAP: Sposobnost	Competences: 1. Ability to evaluate the properties of heat-treated materials in terms of the resulting microstructure and achieved properties (S1,S2-PAP + P1,P3-PAP) 2. A good knowledge of the materials heat treatment processes and the selection of the appropriate method according to the required mechanical properties of the material. (S1,S2-PAP + P1,P3-PAP) 3. Ability to relate material type and

povezovanja vrste materiala in oblike izdelka pri predvidevanju pogojev toplotne obdelave za doseganje želenih lastnosti. 4. S1,S7-PAP+P3-PAP: Sposobnost načrtovanja same naprave za toplotno obdelavo in njene okolice, kakšne so njene omejitve glede lokacije. 5. S3-PAP+P3-PAP: Obvladovanje določanja časa toplotne obdelave za različne vrste toplotnih obdelav in za različne materiale izdelkov.	product form in anticipating heat treatment conditions to achieve desired properties. (S3,S7-PAP + P3,P9-PAP) 4. The ability to design the heat treatment plant itself and its surroundings, what are its limitations on location. (S1,S7-PAP + P3-PAP) 5. Mastering the determination of heat treatment time for different types of heat treatments and for different product materials. (S3-PAP + P3-PAP)

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Znanja: Študent pridobi sposobnost načrtovanja toplotnih obdelav v odvisnosti od materiala, vrste izdelka, zahtevanih mehanskih lastnosti v povezavi s planiranjem proizvodnih procesov. Študent pridobi osnovno znanje o metalurških procesih v materialu in njihovo povezanost z mehanskimi lastnostmi. Prav tako spozna različne postopke toplotnih obdelav in potrebnih naprav za izvedbo toplotne obdelave. Spretnosti: S1.1 - Znanje načrtovanja toplotnih obdelav v proizvodnji glede na željene cilje, S1.2 - Poznavanje mikrostrukturnih sprememb v material med toplotno obdelavo in z njimi povezanimi mehanskih lastnosti S1.3 - Izračun časov toplotne obdelave	Knowledge: The student acquires the ability to plan heat treatments depending on the material, the type of product, the required mechanical properties in connection with the planning of production processes. The student acquires basic knowledge about metallurgical processes in the material and their connection with mechanical properties. He also learns about the various of heat treatment processes and the necessary devices for performing heat treatment. Skills: S1.3 - Knowledge of designing heat treatment in production according to desired goals, S1.2 - Knowledge of microstructural changes in material during heat treatment and related mechanical properties S1.3 - Calculation of heat treatment times

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
P1 – avditorna predavanja P2 – obravnava snovi po urejeni in v naprej razloženi sistematiki P3 – avditorne in laboratorijske vaje	P1 Auditorial lectures. P2 Treats substances according to an orderly and systematic explanation P3 Auditorial and laboratory exercises.

P5 – uporaba študijskega gradiva v obliki knjig, zapiskov predavanj – tiskana oblika, e-zapiski predavanj.	P5 Application of study material (textbook, e-book, printed lecture presentations).

Načini ocenjevanja:	**Delež/ Weight**	**Assessment:**
Teoretične vsebine (predavanja).	50,00 %	Theoretical content (lectures).
Delo na vajah (vključno s poročili).	50,00 %	Laboratory work (including reports).

Reference nosilca/Lecturer's references:

Roman Šturm:

1. STEINER PETROVIČ, Darja, **ŠTURM, Roman**. Sensitivity of Weck's reagent to the microstructure inhomogeneities of a pulse-laser-modified AlSi12CuNiMg alloy = Občutljivost Weckovega reagenta na mikrostrukturne nehomogenosti s pulznim laserjem modificirane zlitine AlSi12CuNiMg. Materiali in tehnologije, ISSN 1580-2949. [Tiskana izd.], 2018, letn. 52, št. 6, str. 687-693.
2. SUŠNIK, Janez, GRUM, Janez, **ŠTURM, Roman**. Effect of pulse laser energy density on TiC cladding of aluminium substrate. Tehnički vjesnik : znanstveno-stručni časopis tehničkih fakulteta Sveučilišta u Osijeku, ISSN 1330-3651, 2015, vol. 22, nr. 6, str. 1553-1560.
3. **ŠTURM, Roman**, GRUM, Janez. Crack growth resistance of laser surface remelted nodular cast iron. Journal of ASTM International, ISSN 1546-962X, Mar. 2011, vol. 8, no. 3, str. [1-12].
4. **ŠTURM, Roman**, GRUM, Janez. The influence of retained austenite on residual stresses in laser remelted cast iron. Journal of materials engineering and performance, ISSN 1059-9495, Dec. 2011, vol. 20, no. 9, str. 1671-1677.
5. **ŠTURM, Roman**, GRUM, Janez. Lasersko pretaljevanje površine litega železa. Varilna tehnika : glasilo Zveze društev za varilno tehniko Slovenije, ISSN 0505-0278, 2009, letn. 58, št. 3, str. 33-40.
6. **ŠTURM, Roman**, GRUM, Janez. Zaostale napetosti po laserskem pretaljevanju litega železa. Del 2. Varilna tehnika : glasilo Zveze društev za varilno tehniko Slovenije, ISSN 0505-0278, 2009, letn. 58, št. 4, str. 35-42.