

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE

Technická fakulta

Katedra kvality
a strojárskych technológií

Ing. Ivan Kováč, PhD.
doc. Ing. Jozef Žarnovský, PhD.
Ing. Rastislav Mikuš, PhD.
doc. Ing. Martin Kotus, PhD.

STROJÁRSKA TECHNOLOGIA

Nitra 2020

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: Ing. Ivan Kováč, PhD. (7,42 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

doc. Ing. Jozef Žarnovský, PhD. (4 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Ing. Rastislav Mikuš, PhD. (1 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

doc. Ing. Martin Kotus, PhD. (1 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Recenzenti: doc. Ing. Juraj Ružbarský, PhD.
Ústav výrobnéj a procesnej techniky
FVT, TUKE Košice so sídlom v Prešove

doc. Ing. Ján Žitňanský, PhD.
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 8. 12. 2020
ako skriptá pre študentov SPU.

© I. Kováč, J. Žarnovský, R. Mikuš, M. Kotus, Nitra 2020

ISBN 978-80-552-2284-4

OBSAH

Úvod.....	7
1 ZÁKLADY MERANIA V STROJÁRSKYCH TECHNOLOGIÁCH.....	8
1.1 Rozdelenie meracích metód	8
1.2 Meranie dĺžkových rozmerov	8
1.2.1 Pevné meradlá.....	8
1.2.1.1 Koncové mierky.....	8
1.2.1.2 Kalibre	9
1.2.2 Posuvné meradlá	10
1.2.3 Hĺbkomery	12
1.2.4 Meradlá s mikrometrickou skrutkou (mikrometre)	13
1.2.5 Číselníkové odchýlkomery	13
1.2.6 Dutinometry s odchýlkomermi	14
1.3 Meranie uhlov.....	15
1.3.1 Uholníky	15
1.3.2 Oblúkové uhlomery	16
1.3.3 Univerzálne uhlomery.....	16
1.3.4 Nepriame meranie uhlov.....	17
1.4 Výrobné odchýlky	17
1.4.1 Odchýlky od menovitého rozmeru	18
1.4.1.1 Lícovanie	19
1.4.1.2 Uloženia	20
1.4.2 Odchýlky tvaru a polohy	21
1.4.2.1 Odchýlky tvaru	22
1.4.2.2 Odchýlky polohy	23
1.4.2.3 Súhrnné odchýlky tvaru a polohy	24
1.5 Drsnosť povrchov	24
1.5.1 Posudzovanie drsnosti povrchu	25
2 TRIESKOVÉ OBRÁBANIE	27
2.1 Základné pojmy	27
2.1.1 Obrobok	27
2.1.2 Nástrojové materiály.....	28
2.2 Sústruženie	29
2.2.1 Základné časti a práce na hrotových sústruhoch	36
2.2.2 Základné sústružnícke práce	40
2.3 Frézovanie	43
2.3.1 Základné práce frézovania	50
2.4 Vrtanie	51
2.5 Obrážanie a hobľovanie.....	54
2.6 Delenie materiálu rezaním.....	58
2.7 Pretáhovanie a pretláčanie	60
2.8 Brúsenie.....	61
3 ZLIEVARENSTVO	66
3.1 Zlievarenské vlastnosti materiálov	66
3.1.1 Tavitel'nosť	67
3.1.2 Tekutosť a zabiehavosť.....	67
3.1.3 Interakcia taveniny s formou	68

3.1.4 Rozpustnosť plynov	68
3.1.5 Objemové zmeny pri tuhnutí a chladnutí.....	68
3.1.6 Odstraňovanie následkov zmrašťovania pri tuhnutí odliatkov (náliatkovanie).....	69
3.2 Zlievarenské materiály	70
3.2.1 Liatiny	70
3.2.2 Ocele na odliatky	72
3.2.3 Zliatiny neželezných kovov	72
3.3 Modelové zariadenia na výrobu foriem a jadier	73
3.3.1 Materiály na výrobu modelových zariadení	73
3.4 Zlievarenské formovacie látky	75
3.5 Vtoková sústava.....	77
3.6 Výroba foriem	78
3.6.1 Netrvalé formy	79
3.6.2 Trvalé formy	88
4 TVÁRNENIE	94
4.1 Podstata a hlavné znaky tvárniacich pochodov	94
4.2 Základné pojmy	94
4.2.1 Pojmy vyjadrujúce plastické vlastnosti kovov.....	94
4.2.2 Pojmy vyjadrujúce veľkosť pretvorenia a rýchlosť pretvorenia.....	95
4.2.3 Pojmy vyjadrujúce veľkosť tvárniacej sily a energie	96
4.2.4 Pojmy vyjadrujúce činnosť spojenú s tvárnením.....	97
4.3 Fyzikálna podstata plastického pretvorenia.....	97
4.4 Vplyv tvárnenia na vlastnosti kovov	99
4.4.1 Deformačné spevnenie.....	100
4.4.2 Zotavenie a rekryštalizácia	101
4.5 Termomechanické podmienky tvárnenia.....	102
4.5.1 Teplota tvárnenia	102
4.5.2 Rýchlosť tvárnenia a rýchlosť pretvorenia	102
4.5.3 Stav napätosti.....	103
4.5.4 Veľkosť pretvorenia.....	103
4.6 Zákony tvárnenia	103
4.7 Technológie tvárnenia	104
4.8 Tvárnenie za studena	106
4.9 Ohrev materiálu	107
4.9.1 Technologické chyby ohrevu.....	107
4.10 Tvárnenie za tepla.....	109
4.11 Strihanie.....	110
4.11.1 Definícia a priebeh procesu strihania.....	111
4.11.2 Základné operácie strihania	112
4.11.3 Technologické postupy pri vystrihovaní.....	113
4.11.4 Nástrihové plány	115
4.12 Objemové tvárnenie za studena.....	115
4.13 Objemové tvárnenie za tepla	117
4.13.1 Voľné kovanie	117
4.13.2 Zápustkové kovanie	121

5 ZVÁRANIE	124
5.1 Teória vzniku zvarového spoja.....	124
5.2 Rozdelenie metód zvarovania.....	124
5.3 Základné pojmy vo zvaraní	126
5.4 Zvarové spoje a ich klasifikácia	127
5.5 Zvariteľnosť kovov.....	130
5.5.1 Mikroštruktúra zvarového spoja	131
5.5.2 Zvariteľnosť ocelí	133
5.5.2.1 Zvariteľnosť ocelí triedy 11 a 12 a ocelí na odliatky triedy 26	135
5.5.2.2 Zvariteľnosť legovaných ocelí triedy 13, 14, 15, 16 a ocelí na odliatky triedy 27 a 28	136
5.5.2.3 Zvariteľnosť legovaných ocelí triedy 17 a ocelí na odliatky triedy 29.....	137
5.5.3 Zvariteľnosť liatin.....	138
5.5.3.1 Zvariteľnosť tvárnych liatin.....	140
5.5.4 Zvariteľnosť neželezných kovov	140
5.6 Zváranie plameňom	141
5.6.1 Zvarové spoje.....	148
5.6.1.1 Pracovný postup pri zvaraní plameňom	149
5.7 Ručné oblúkové zváranie obalenou elektródou.....	151
5.7.1 Základné poznatky o elektrickom oblúku.....	151
5.7.1.1 Rozdelenie obalených elektród pre ručné oblúkové zváranie	154
5.7.1.2 Zdroje zvaracieho prúdu	154
5.8 Zváranie elektrickým oblúkom v ochranných atmosférach	155
5.8.1 Zváranie v ochrannej atmosfére inertných plynov netaviacou sa elektródou.....	155
5.8.1.1 Voľba zvaracieho prúdu	156
5.8.2 Zváranie v ochrannej atmosfére taviacou sa elektródou.....	157
5.9 Zváranie elektrickým odporom	158
5.9.1 Bodové odporové zváranie	160
5.9.2 Odporové zváranie švové.....	162
5.9.3 Odporové zváranie výstupkové	164
5.9.4 Odporové zváranie stykové stláčacie.....	164
5.9.5 Odporové zváranie stykové odtavovacie	165
5.10 Zváranie pod tavivom.....	166
5.11 Elektrotroskové zváranie	167
5.12 Aluminotermické zváranie	168
5.13 Špeciálne spôsoby zvarovania	170
5.13.1 Plazmová zváranie	170
5.13.2 Zváranie elektrónovým lúčom	172
5.13.3 Zváranie laserom.....	173
5.13.3.1 Technológie zvarovania laserom	173
5.13.4 Zváranie ultrazvukom	175
LITERATÚRA.....	177

ÚVOD

Skriptá sú určené pre predmet Materiály a technológie vyučovaný v prvom ročníku bakalárskeho štúdia pre študijné programy Automobilová doprava a Riadiace systémy vo výrobnej technike a pre predmet Strojárska technológia, ktorý je vyučovaný v druhom ročníku bakalárskeho štúdia pre študijné programy Kvalita a bezpečnosť vo výrobných technológiách a Výrobné technológie pre automobilový priemysel.

Jednotlivé kapitoly sú rozdelené na metrologiu v strojárskych technológiách a štyri najrozšírenejšie technológie. Medzi ne patrí trieskové obrábanie, zlievarenstvo, tvárnenie a zváranie. Každá kapitola má teoretickú časť a časť ktorá popisuje napr. základné meracie zariadenia a postup práce s nimi, alebo najbežnejšie používané technológie spracovania materiálov s ich popisom a použitím v praxi.

Pre predmet Materiály a technológie sú určené prvé dve kapitoly a zo zvyšných troch budú poslucháčom v rámci prednášok konkretizované časti, ktoré sa ich budú týkať.

Pre predmet Strojárska technológia sú určené tri kapitoly z beztrieskových technológií (zlievarenstvo, tvárnenie a zváranie). Poslucháčov na tomto predmete sa týkajú tieto kapitoly v plnom rozsahu.

Autori	Ing. Ivan Kováč, PhD. doc. Ing. Jozef Žarnovský, PhD. Ing. Rastislav Mikuš, PhD. doc. Ing. Martin Kotus, PhD.
Názov	STROJÁRSKA TECHNOLOGIA
Určené	Pre študentov SPU
Vydavateľ	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	Prvé
Vytlačené	December 2020
Náklad	300 kusov
Počet strán	178
AH-VH	13,42-13,69
Tlač	Vydavateľstvo SPU v Nitre
ISBN 978-80-552-2284-4	Cena 5,30 €

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo vydavateľstve.
Za odbornú náplň vydania zodpovedajú autori.

