

Дипломска работа



РАПАВОСТА КАКО ПАРАМЕТАР ЗА ОБРАБОТЛИВОСТ ПРИ СТРУЖЕЊЕ НА КОМПОЗИТНИ МАТЕРИЈАЛИ ЗАЈАКНАТИ СО ЈАГЛЕРОДНИ ВЛАКНА

Ментор: Проф. д – р Мите Томов

Кандидат: Виктор Игнов

2204 ПИ

Машински факултет – Скопје, јануари 2023 година

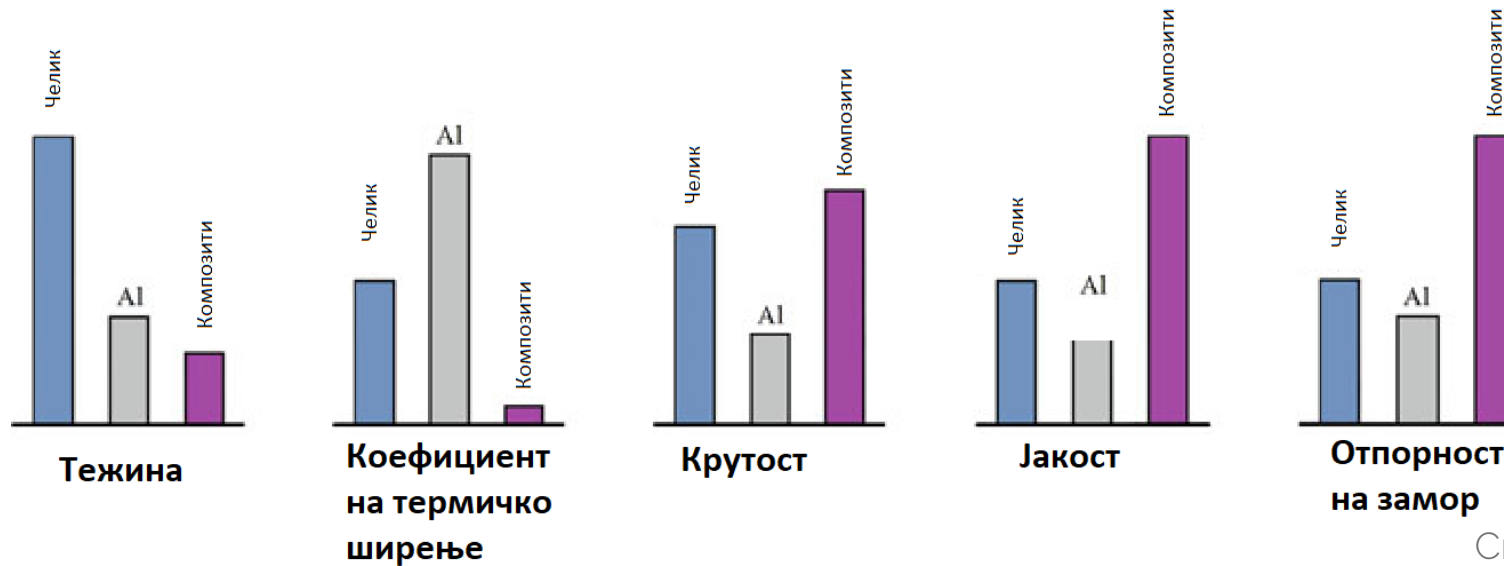
Композитни материјали

- Составени од два основни елемента,

1. Матрица (matrix)

2. Зајакнувач (reinforcement) Најчести зајакнувачи: стаклени, јаглеродни и арамидни влакна

специфични комбинации на својства коишто не би можеле да бидат постигнати од страна на конвенционалните материјали



Споредба помеѓу конвенционални материјали и композити



Композитни материјали зајакнати со јаглеродни влакна (CFRP)

- Матрица: епоксидна смола
- Зајакнувач: долги, еднонасочни и континуирани јаглеродни влакна
- Нехомогени; анизотропни карактеристики

Експериментални истражувања; обработуван материјал



Почетно парче

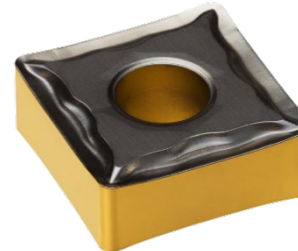
	CFRP
Метод на добивање	Пултрузија (Pultrusion)
Ориентација на јаглородните влакна	Еднонасочна ориентација (Unidirectional) во правец на оската на шипката
Удел на јаглородните влакна во композитот (Волуменски %)	62%
Јакост на кинење [GPa]	2,06
Јунгов модул на еластичност [GPa]	141,3
Должина на почетно парче [m]	1
Маса на почетното парче [gr]	480
Дијаметар на почетното парче [mm]	14

Карактеристики на обработуваното парче

Резачки алат

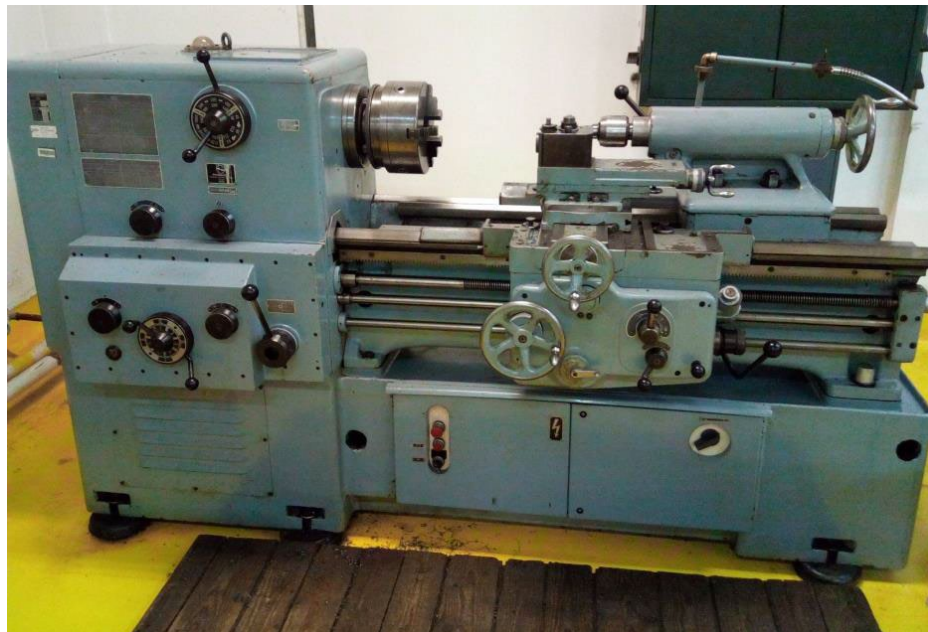


- Држач за резачки плочки
- PSSNR 2020 – 12K



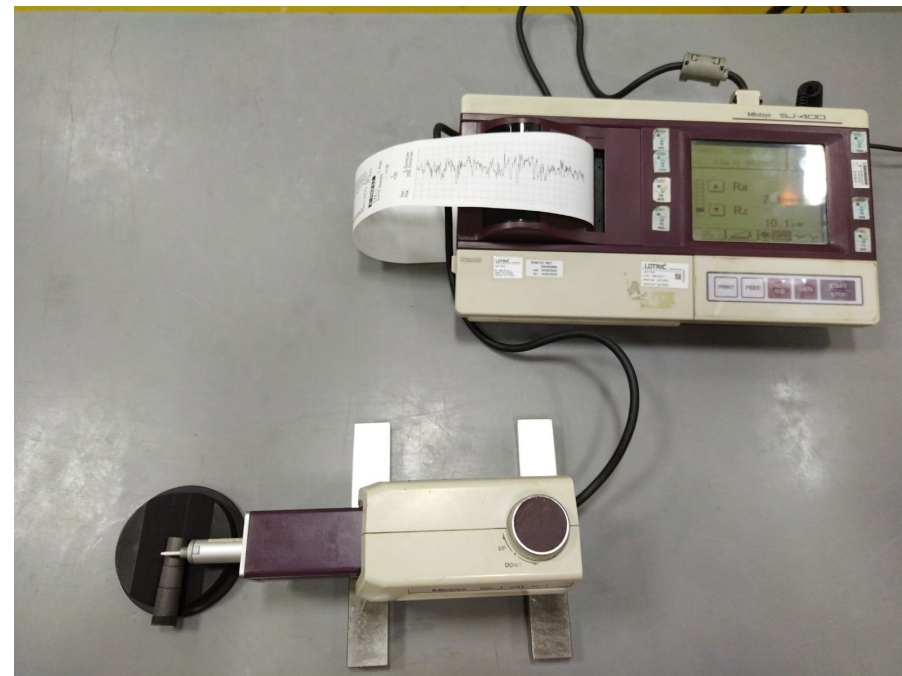
- Резни плочки
- SNMG 12 04 04 – MF
- SNMG 12 04 08 – MF
- SNMG 12 04 16 – MF

Металорезачка машина и мерен уред за рапавоста



Изглед на конвенционален струг модел TVP 250 од фирмата Првوماјска

Мерен уред SJ - 400 од компанијата MITUTOYO кој се применува за мерење на надолжна и попречна рапавост



Услови на мерење на рапавоста на површината

- Мерење на рапавоста во надолжен и попречен правец
- Се анализира R профилот на рапавост преку параметрите: $R_a, R_z, R_q, R_t, R_p, R_v$ и R_{sm} .
- Се применува Гаусов профил филтер, со следните параметри:
 - $\lambda_c = 0,8 [mm]$
 - $\lambda_s = 2,5 [\mu m]$
- Мерната должина при мерење на рапавоста во надолжен правец:
 - $4mm = 5 \cdot \lambda_c$
- Мерната должина при мерење на рапавоста во попречен правец:
 - $2,4mm = 3 \cdot \lambda_c$

Параметри на обработка и редослед на изведуваче експериментите

Ниво	Резна брзина, v [m/min]	Помест, f [mm/vrt]	Длабочина на режење, a [mm]	Радиус на врв на резна плочка, r_ϵ [mm]
1	12,315	0,08	0,2	0,4
2	24,63	0,125	0,6	0,8
3	35,186	0,18	1	1,6

Карактеристики на независно променливите големини

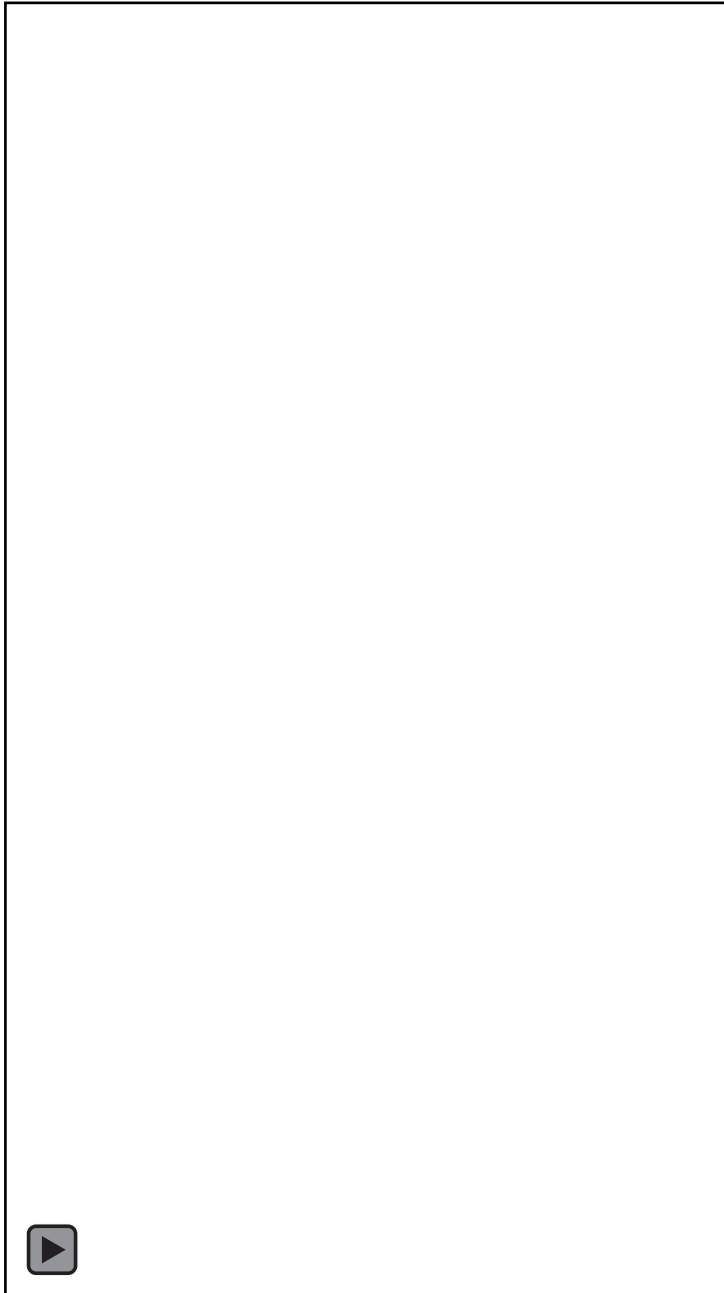
Четирифакторен план на експерименти од прв ред							
Ред. Бр.	Експеримент		n [vrt]	V_c [$\frac{m}{min}$]	f_s [$\frac{mm}{vrt}$]	a_p [mm]	r_ϵ [mm]
1	1	1.1	800	35,186	0,18	1	0,4
2		1.2	560	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)
3		1.3	280	12,315	0,18	0,2	0,4
4	2	2.1	280	12,315	0,18	1	1,6
5		2.2	560	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)
6		2.3	280	12,315	0,08	0,2	1,6
7	3	3.1	280	12,315	0,08	1	1,6
8		3.2	560	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)
9		3.3	800	35,186	0,08	0,2	0,4
10	4	4.1	280	12,315	0,08	1	0,4
11		4.2	560	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)
12		4.3	800	35,186	0,18	0,2	0,4
13	5	5.1	800	35,186	0,18	1	1,6
14		5.2	280	12,315	0,18	1	0,4
15		5.3	280	12,315	0,08	0,2	0,4
16	6	6.1	800	35,186	0,08	1	1,6
17		6.2	800	35,186	0,08	0,2	1,6
18		6.3	800	35,186	0,18	0,2	1,6
19	7	7.1	800	35,186	0,08	1	0,4
20		7.2	280	12,315	0,18	0,2	1,6

Четирифакторен план
(декодиран) на експерименти од
прв ред

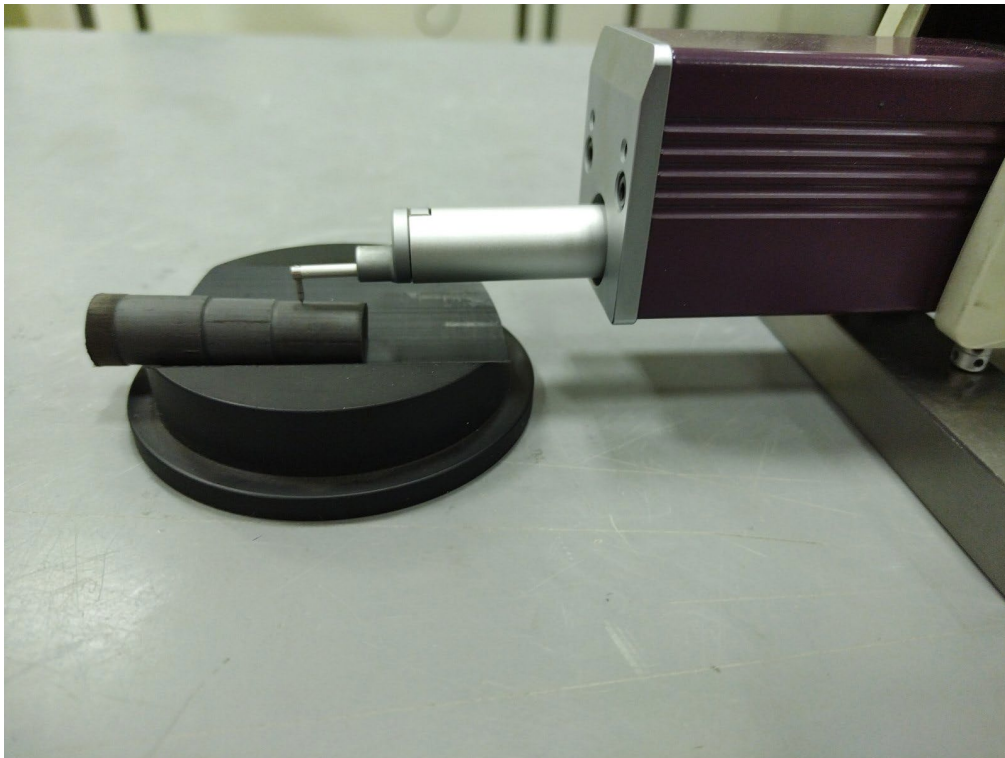
Добиени обработени парчиња од извршените експерименти



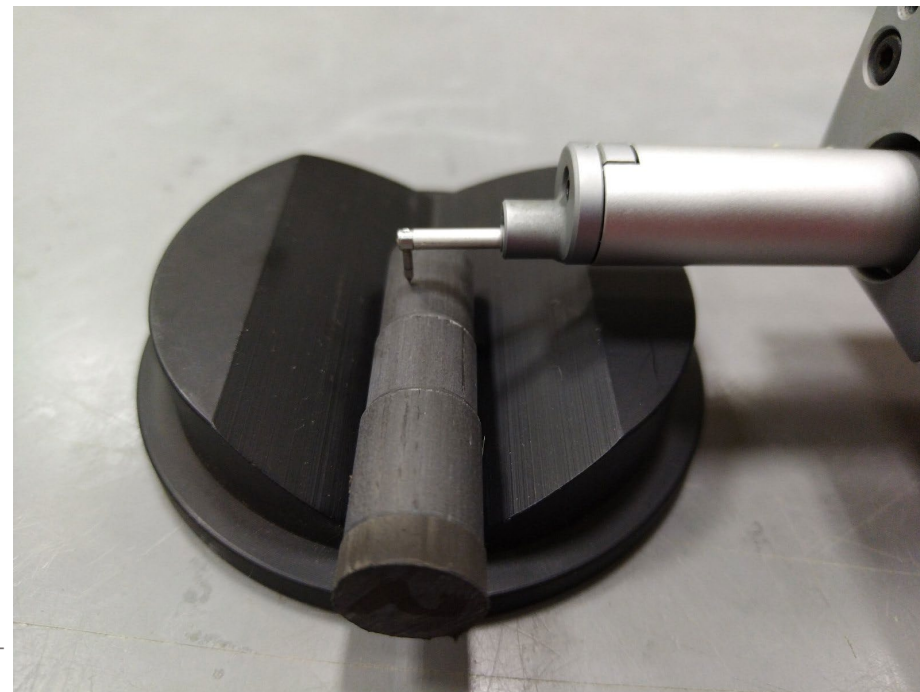
Обработка на материјалот



Мерење на рапавоста на површината

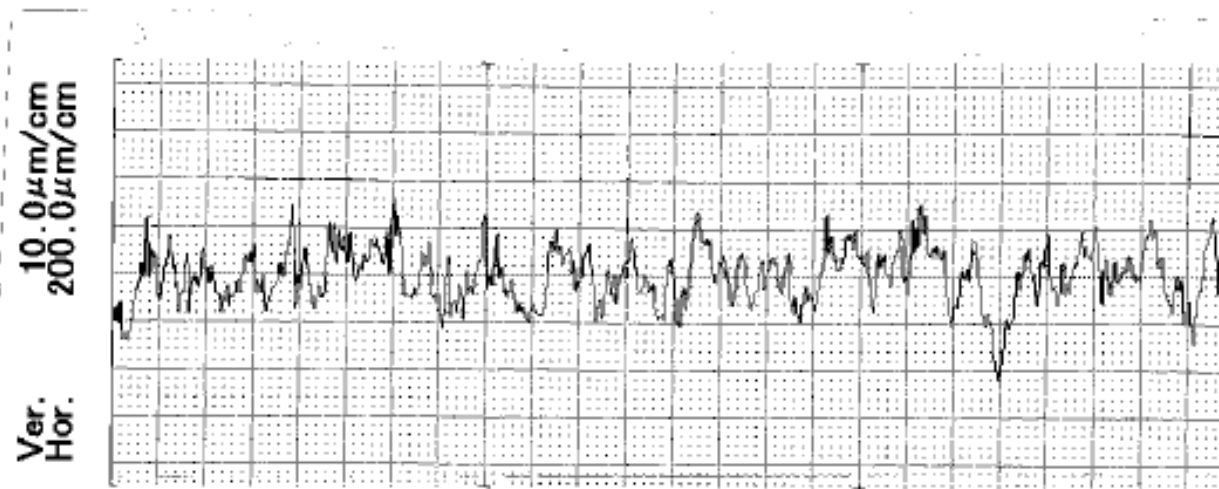


Мерење на надолжна рапавост



Мерење на попречна рапавост

Профил на рапавост



Профили на рапавост (Надолжен и попречен) добиени за експеримент 1.1.

Анализа на податоците; Споредба на теоретската и мерената максимална рапавост во надолжен правец

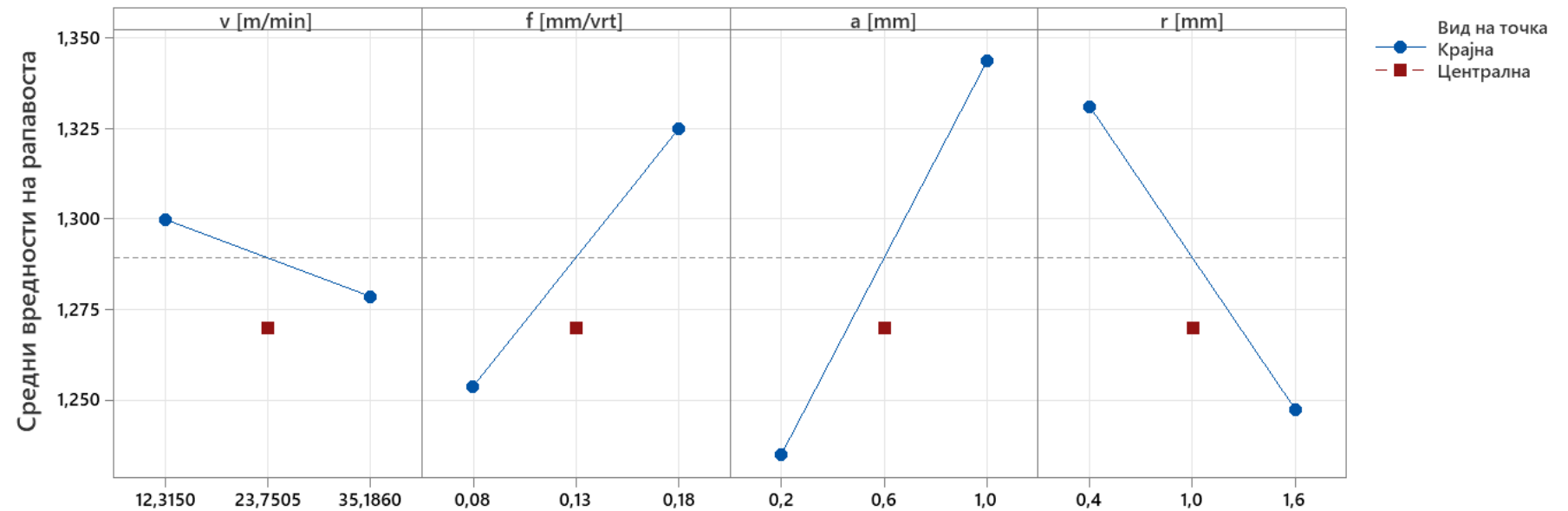
Ред. Бр.	Експеримент	$V_c [\frac{m}{min}]$	$f_s [\frac{mm}{vrt}]$	$a_p [mm]$	$r_\epsilon [mm]$	$R_z [\mu m]$ мерена	$R_z [\mu m]$ теоретска
1	1	1.1	35,186	0,18	1	0,4	8,87
2		1.2	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)	7,33
3		1.3	12,315	0,18	0,2	0,4	8,53
4	2	2.1	12,315	0,18	1	1,6	6,73
5		2.2	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)	6,80
6		2.3	12,315	0,08	0,2	1,6	7,23
7	3	3.1	12,315	0,08	1	1,6	7,33
8		3.2	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)	7,30
9		3.3	35,186	0,08	0,2	0,4	7,10
10	4	4.1	12,315	0,08	1	0,4	7,63
11		4.2	24,63	0,13 (0,125)	0,6	1 (0,8)	8,53
12		4.3	35,186	0,18	0,2	0,4	8,97
13	5	5.1	35,186	0,18	1	1,6	7,40
14		5.2	12,315	0,18	1	0,4	8,33
15		5.3	12,315	0,08	0,2	0,4	6,37
16	6	6.1	35,186	0,08	1	1,6	7,00
17		6.2	35,186	0,08	0,2	1,6	8,00
18		6.3	35,186	0,18	0,2	1,6	6,83
19	7	7.1	35,186	0,08	1	0,4	6,03
20		7.2	12,315	0,18	0,2	1,6	5,87

$$R_{max}(R_z) = \frac{f^2}{8 \cdot r_t} [mm]$$

Пресметка на теоретска
максимална рапавост

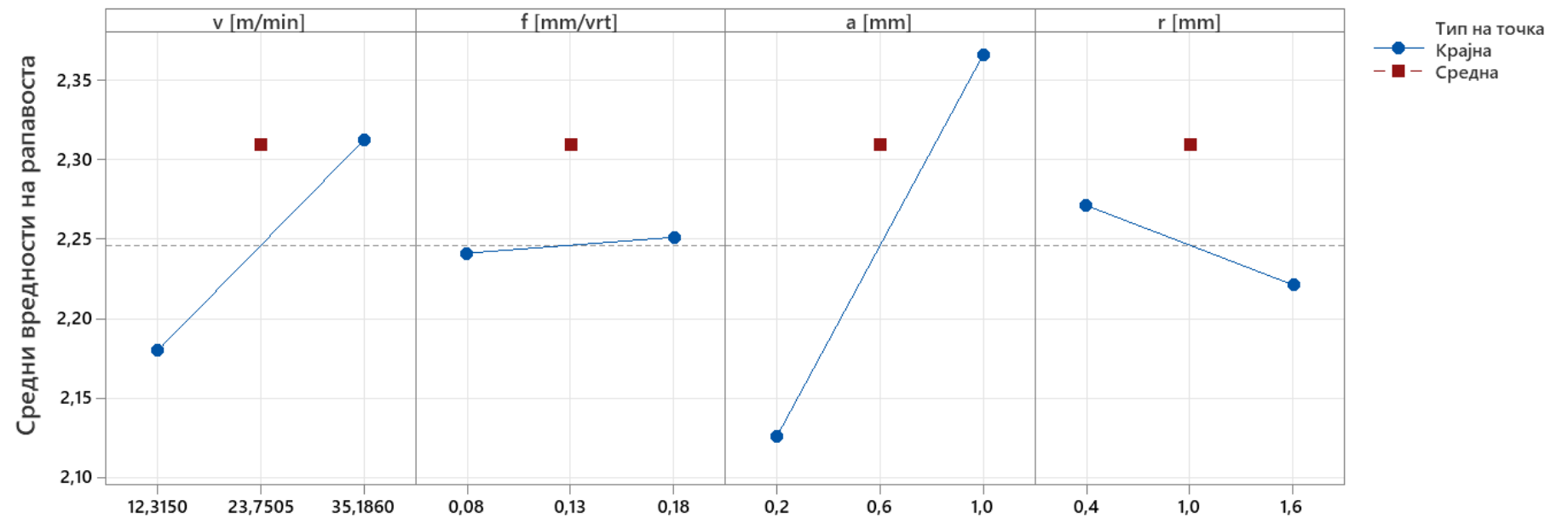
Влијание на влезните параметри врз површинската рапавост во надолжен правец

Влијание на влезните параметри без меѓусебно влијание врз површинската рапавост



Влијание на влезните параметри врз површинската рапавост во попречен правец

Влијание на влезните параметри без меѓусебно влијание врз површинската рапавост

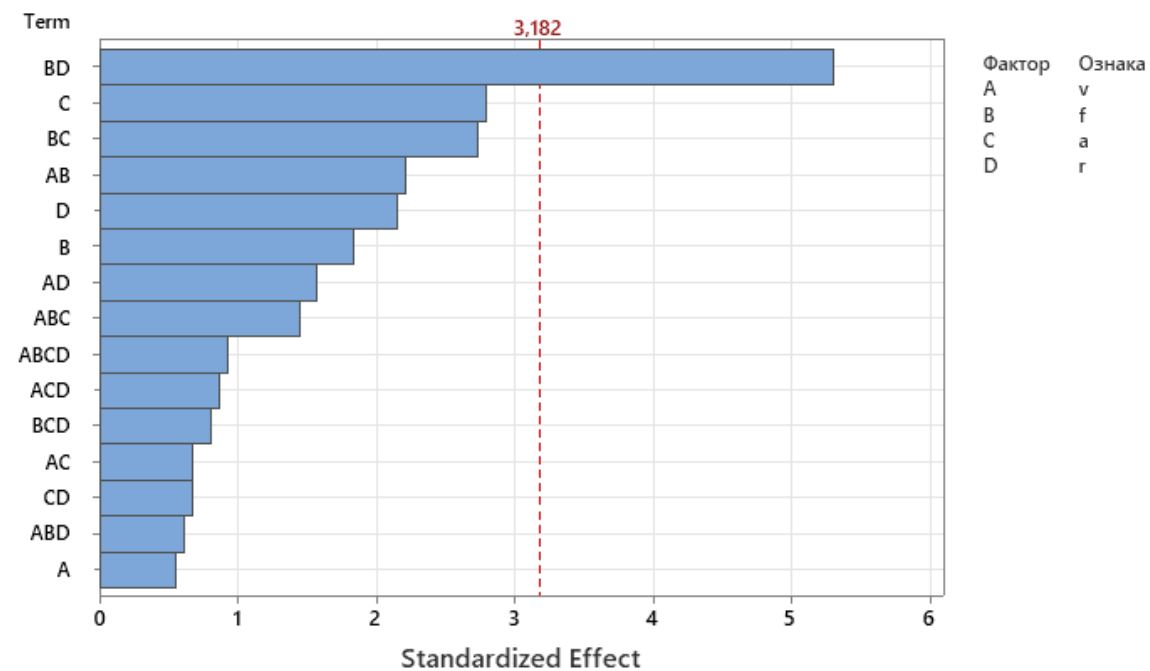


Регресиона анализа на R_a во надолжен правец

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	16	0,392895	0,024556	4,05	0,138
Linear	4	0,097475	0,024369	4,02	0,141
v [m/min]	1	0,001806	0,001806	0,30	0,623
f [mm/vrt]	1	0,020306	0,020306	3,35	0,165
a [mm]	1	0,047306	0,047306	7,80	0,068
r [mm]	1	0,028056	0,028056	4,62	0,121
2-Way Interactions	6	0,265588	0,044265	7,30	0,066
v [m/min]*f [mm/vrt]	1	0,029756	0,029756	4,90	0,114
v [m/min]*a [mm]	1	0,002756	0,002756	0,45	0,549
v [m/min]*r [mm]	1	0,015006	0,015006	2,47	0,214
f [mm/vrt]*a [mm]	1	0,045156	0,045156	7,44	0,072
f [mm/vrt]*r [mm]	1	0,170156	0,170156	28,05	0,013
a [mm]*r [mm]	1	0,002756	0,002756	0,45	0,549
3-Way Interactions	4	0,023375	0,005844	0,96	0,534
v [m/min]*f [mm/vrt]*a [mm]	1	0,012656	0,012656	2,09	0,244
v [m/min]*f [mm/vrt]*r [mm]	1	0,002256	0,002256	0,37	0,585
v [m/min]*a [mm]*r [mm]	1	0,004556	0,004556	0,75	0,450
f [mm/vrt]*a [mm]*r [mm]	1	0,003906	0,003906	0,64	0,481
4-Way Interactions	1	0,005256	0,005256	0,87	0,421
v [m/min]*f [mm/vrt]*a [mm]*r [mm]	1	0,005256	0,005256	0,87	0,421
Curvature	1	0,001201	0,001201	0,20	0,686
Error	3	0,018200	0,006067		
Total	19	0,411095			

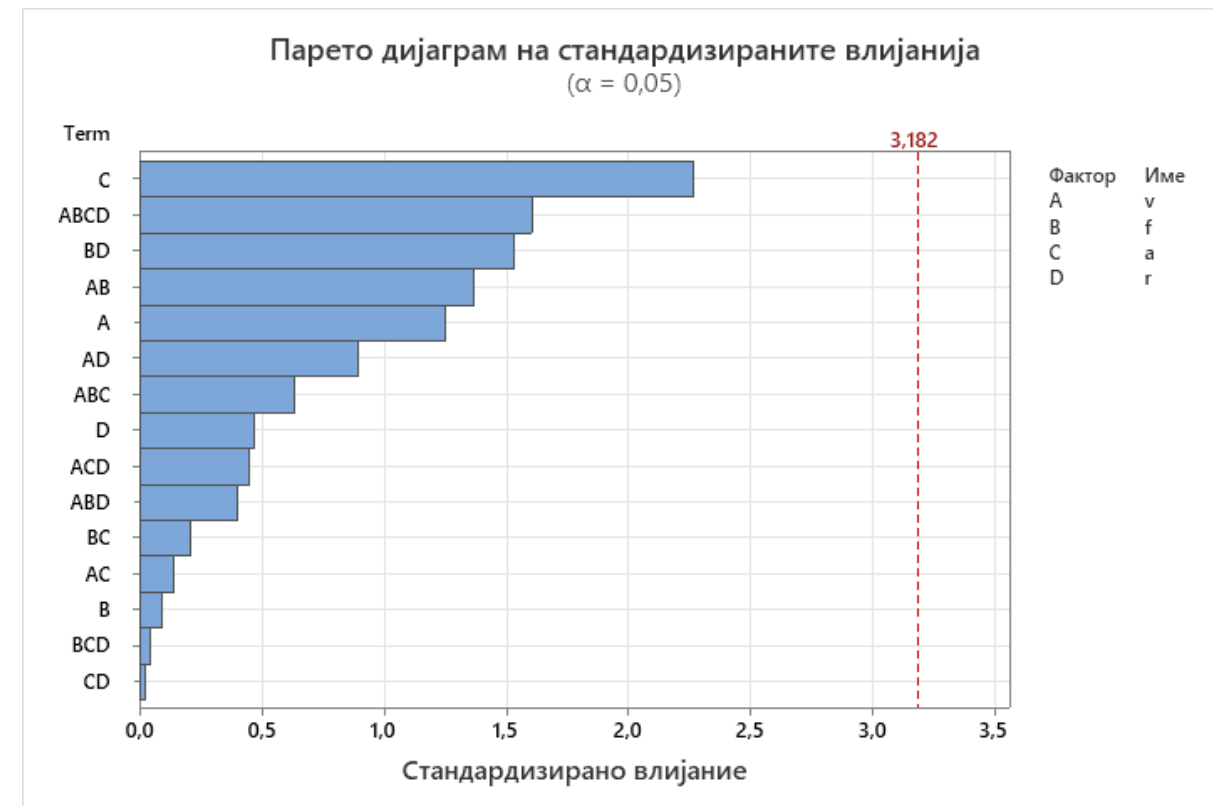
Парето дијаграм за стандардизираните влијанија
($\alpha = 0,05$)



Регресиона анализа на R_a во попречен правец

Analysis of Variance

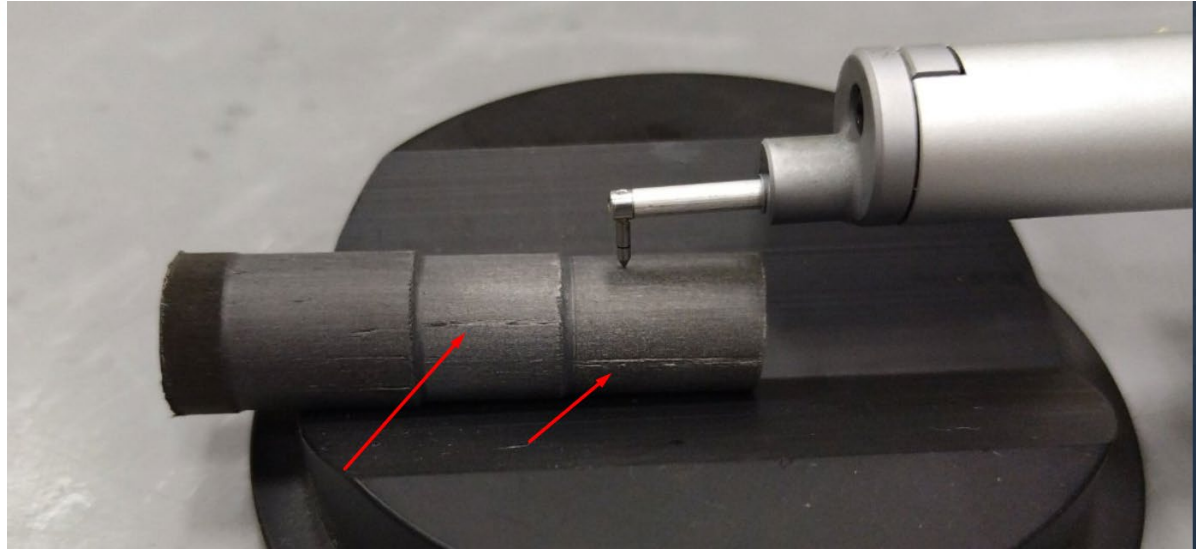
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	16	0,702980	0,043936	0,98	0,591
Linear	4	0,311025	0,077756	1,73	0,340
v	1	0,070225	0,070225	1,57	0,300
f	1	0,000400	0,000400	0,01	0,931
a	1	0,230400	0,230400	5,14	0,108
r	1	0,010000	0,010000	0,22	0,669
2-Way Interactions	6	0,228775	0,038129	0,85	0,606
v*f	1	0,084100	0,084100	1,87	0,264
v*a	1	0,000900	0,000900	0,02	0,896
v*r	1	0,036100	0,036100	0,80	0,436
f*a	1	0,002025	0,002025	0,05	0,845
f*r	1	0,105625	0,105625	2,35	0,223
a*r	1	0,000025	0,000025	0,00	0,983
3-Way Interactions	4	0,034575	0,008644	0,19	0,927
v*f*a	1	0,018225	0,018225	0,41	0,569
v*f*r	1	0,007225	0,007225	0,16	0,715
v*a*r	1	0,009025	0,009025	0,20	0,684
f*a*r	1	0,000100	0,000100	0,00	0,965
4-Way Interactions	1	0,115600	0,115600	2,58	0,207
v*f*a*r	1	0,115600	0,115600	2,58	0,207
Curvature	1	0,013005	0,013005	0,29	0,628
Error	3	0,134600	0,044867		
Total	19	0,837580			



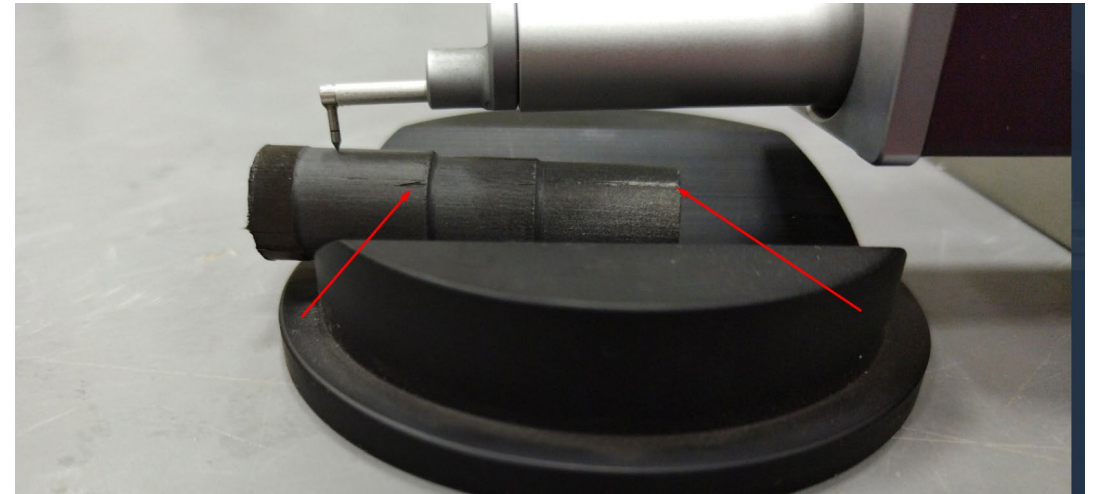
Споредба помеѓу рапавоста во надолжен и попречен правец

Ред. Бр.	Експеримент		$R_a' [\mu m]$ - надолжно	$R_a'' [\mu m]$ - попречно	R_a'' / R_a'
1	1	1.1	1,62	2,59	1,60
2		1.2	1,27	2,20	1,73
3		1.3	1,42	1,92	1,35
4	2	2.1	1,23	2,19	1,78
5		2.2	1,26	2,30	1,83
6		2.3	1,28	2,14	1,67
7	3	3.1	1,42	2,52	1,78
8		3.2	1,18	2,61	2,21
9		3.3	1,19	1,96	1,65
10	4	4.1	1,28	2,14	1,67
11		4.2	1,37	2,13	1,56
12		4.3	1,30	2,54	1,95
13	5	5.1	1,34	2,37	1,77
14		5.2	1,54	2,38	1,55
15		5.3	1,25	2,19	1,75
16	6	6.1	1,27	2,29	1,81
17		6.2	1,29	2,24	1,73
18		6.3	1,17	2,06	1,76
19	7	7.1	1,05	2,45	2,33
20		7.2	0,98	1,96	2,00

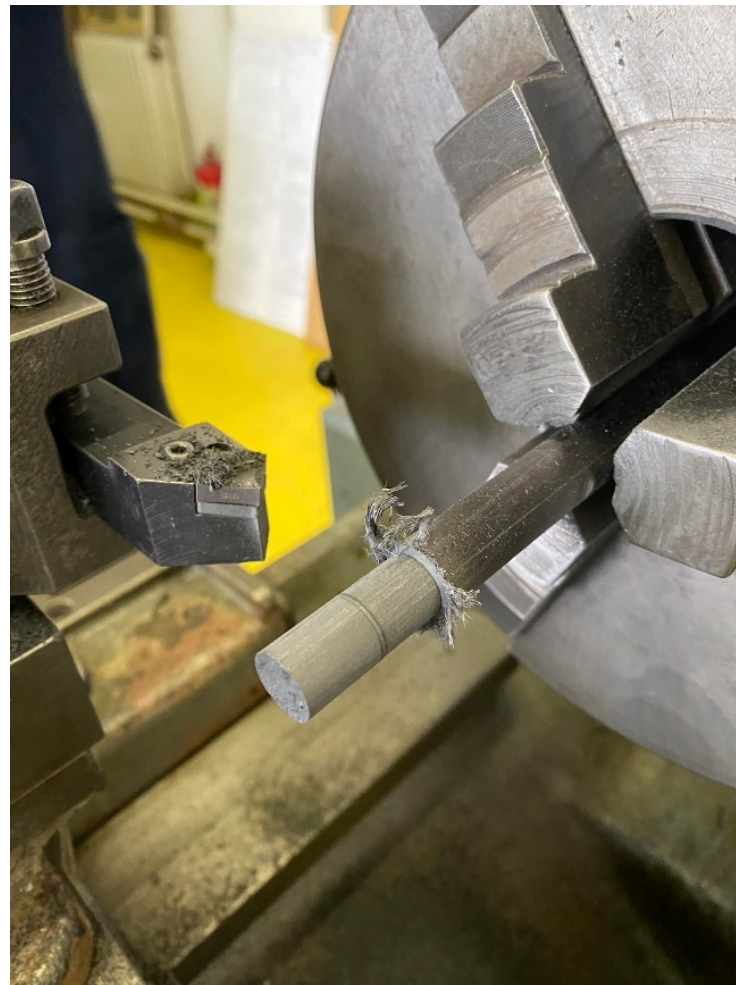
Дефекти при изведовање на експериментите



Отцепувања на јаглеродни влакна од обработените површини



Дефекти при изведувaње на експериментите



Растурање на јаглеродните влакна при прекин на обработката



Заклучок

- *Од изведените експерименти и анализа на обработените податоци можеме да заклучиме дека резните режими не играат значителна улога во дефинирањето на површинската рапавост на овој тип на материјал.*
- *Дополнително, рапавоста на обработените површини е речиси двојно поголема во попречен правец во споредба со надолжен правец.*
- *При оваа обработка се јавуваат значителни оштетувања на површината коишто треба да бидат земени во предвид при натамошно истражување*



ВИ БЛАГОДАРАМ НА
ВНИМАНИЕТО