

ИЗСЛЕДВАНЕ СТАБИЛНОСТТА ПРИ ОБРАБОТВАНЕ НА ВЪТРЕШНА РОТАЦИОННА ПОВЪРХНИНА НА СТРУГ С ЦПУ

ПЛАМЕН КАСАБОВ, СЪБИ СЪБЕВ

*Технически Университет София, Филиал Пловдив
kasabov_p@tu-plovdiv.bg, sabi_sabev@tu-plovdiv.bg*

Резюме: Направено е планиране на експеримента по метода на ротатабелния централно композиционен план за влиянието параметрите на рязане върху стабилността на системата. Планирането и статистическата обработка на експерименталните резултати е извършено с помощта на софтуера Minitab. Получена е регресионна зависимост между стабилността и параметрите на рязане. Направена е проверка за доказване адекватността на модела.

Ключови думи: *стабилност, планиране, ротатабелен, регресионен анализ, разтъргване*

STUDY OF THE STABILITY DURING BORING OF AN INTERNAL ROTATING SURFACE ON A CNC LATHE

PLAMEN KASABOV, SABI SABEV

*Technical University Sofia, Branch Plovdiv
kasabov_p@tu-plovdiv.bg, sabi_sabev@tu-plovdiv.bg*

Abstract: *The planning of the experiment was carried out with the method of the rotatable central composite plan for the impact of the cutting parameters on the stability of the system. The planning and statistical processing of experimental results was done using the Minitab software. A regression relationship between stability and cutting parameters has been obtained. A check was carried out to prove the adequacy of the model.*

Key words: *stability, design, rotatable, regression analysis, boring*

1. Въведение

При механично обработване технологичната система - металорежеща машина, приспособление, режещ инструмент и обработван детайл, е подложена на влиянието на силата на рязане, както и други сили характерни за процеса, като теглото на детайла, инерционни сили от неуравновесени маси, сили от топлинни разширения и др. В резултат на натоварването възникват деформации и относителни премествания на елементите на технологичната система, които променят относителното положение на заготовката и инструмента. Големината ДЛ на промяната на това относително положение, измерена по направление на размерообразуването, представлява грешната от силови деформации [1].

Грешките от силови деформации в много случаи представляват основен фактор на точността, тъй като тяхната стойност може да

достигне до 80% от сумарната грешка при обработването. По тази причина е необходимо да бъде изследвано влиянието на условията, при които се осъществява технологията, върху големината на силовата деформация. Познаването на тази връзка дава възможност за управление на влиянието на силовите деформации върху точността на обработването при възможно най-висока производителност и (или) най-малка себестойност [1].

Стабилността е свойството на дадена система да запазва основните си характеристики при относително малка промяна на даден параметър [2,3].

Статистическите методи за управление на технологичния процес се базират на статистическа информация за характеристиките на процеса и качеството на произвежданите изделия. В резултат на статистически анализ на тази информация се приемат решения за осъществяване на управляващи въздействия

върху технологичния процес, с които се осигурява зададеното ниво на показателите за качество на изделията[4].

Когато статистическата информация от контрола се използва за управление на технологичния процес, е прието контролът да се определя като активен контрол. Когато се използва само за окачествяване на произведените изделия, той се определя като пасивен контрол. В този смисъл обект на статистическото управление на качеството ще бъде активният контрол.

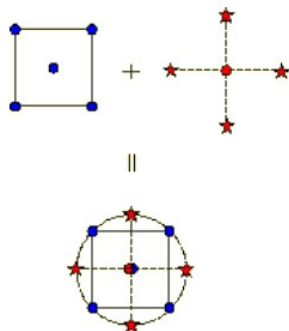
Целта на изследването е, чрез планиран експеримент да се получи математически модел за големината на силвата деформация у технологичната система.

Предмет на изследването е силвата деформация получена при промяна на елементите на режима на рязане: дълбочина на рязане ap и подаване f , като останалите параметри са с постоянна стойност.

2. Методика на изследването

Направено е планиране на експеримента по метода на централно композиционния план. При използването на такъв план получения математически регресионен модел осигурява еднаква точност за всички точки еднакво отдалечени от центъра на факторното пространство.

Централно композиционен план, съдържа вграден факторен или фракционен факторен план с централни точки, който е допълнен с група „звездни точки“, които позволяват оценка на кривината. Ако разстоянието от центъра на проектното пространство до факторната точка е ± 1 за всеки фактор, разстоянието от центъра на проектното пространство до звездна точка е $|\alpha|=1$. Точната стойност на α зависи от определени свойства, желани за плана и от броя на включените фактори[1].



Фиг. 1. Централно композиционния план за два фактора

Таблица 1. План на експеримента

№ на опит	ap	f
8	-1.41	0
3	-1	-1
6	-1	1
11	0	-1.41
12	0	1.41
1	0	0
7	0	0
4	0	0
10	0	0
2	0	0
5	1	-1
9	1	1
13	1.41	0

Получения план на експеримента е направен с помощта на Minitab, таблица 1. Стойността на α при това планиране за два фактора е $2^{2/4} = 1.41421$ с общо 13 опита, като в центъра на куба са 5 опита.

Таблица 2. Контролирани фактори

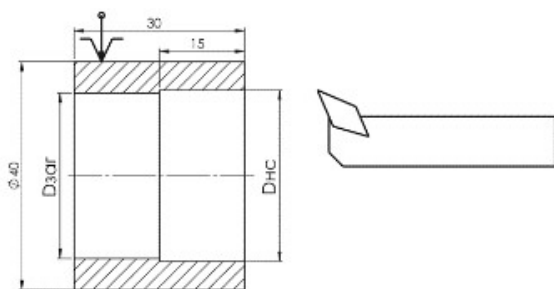
Контролирани фактори	Означение	мерна единица	НИВА	
			1	2
Дълбочина на рязане	ap	mm	0.5	0.75
Подаване	f	mm/rev	0.3	0.5



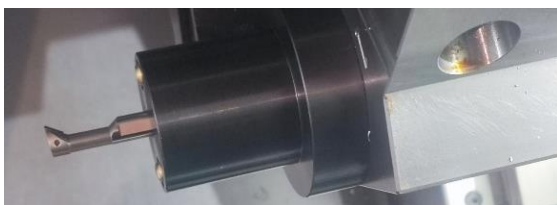
Фиг.2. Схема на опитната постановка

Схема на опитната постановка е показана на фиг.2. Тя се състои от опитен образец с размери показани на фиг.3. Образецът е установен в хидро-затегателният патронник на струг с ЦПУ HAAS ST10, а разстъргването на повърхнината се извърши с инструмент- разстъргваща щанга на фирма Garant модел HSS 0810/07, фиг 4.

Боршангата е за пластина с геометрия DC и е монтирана с аксиален VDI 40 държач.



Фиг.3. Схема на опитния образец



Фиг.4. Разстързваща щанга

Необходимата за анализа статистическа информация се получава с измерване (контрол) с помощта на автоматичната измервателна система *Renishaw OMP40*, фиг 5а.

Направена е макропрограма, която пресмята разликата между диаметрите и ги записва в таблицата с глобални променливи, фиг 5б.



а)

Var	Value
10000	0.000000
10001	0.000000
10002	30.629000
10003	30.663000
10004	0.000000
10005	0.000000
10006	0.000000
10007	0.034000
10008	0.000000
10009	0.000000
10010	0.000000
10011	0.000000
10012	0.000000
10013	0.000000
10014	0.000000
10015	0.000000
10016	0.000000
10017	0.000000
10018	0.000000

б)

Фиг.5. а) Схема на измервателната постановка, б) Таблица с глобални променливи

След заместване на стойностите от таблица 2 в таблица 1, провеждане на опитите и измерване, получените резултати са показани в табл.3.

3. Обработка на експерименталните резултати

Математико-статистическата обработка е извършена с програмния продукт MINITAB19. За математическото описание на целевата функция

Таблица 3. Експериментални резултати

№ на опит	a_p [mm]	f [mm/rev]	Отклонение [mm]
8	0.15	0.30	0.100
3	0.25	0.10	0.065
6	0.25	0.50	0.337
11	0.50	0.02	0.032
12	0.50	0.58	0.515
1	0.50	0.30	0.184
7	0.50	0.30	0.179
4	0.50	0.30	0.184
10	0.50	0.30	0.184
2	0.50	0.30	0.186
5	0.75	0.10	0.050
9	0.75	0.50	0.422
13	0.85	0.30	0.182

\hat{y} - е използван приведен модел от втора непълна степен от вида:

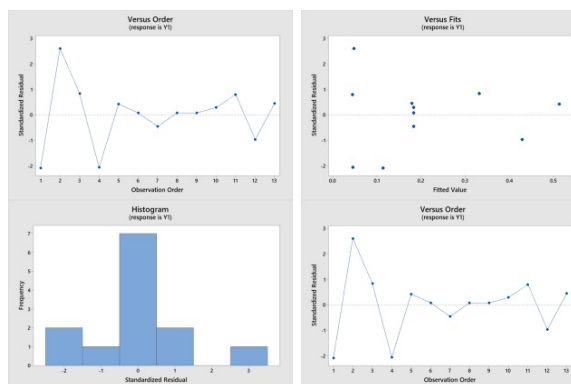
$$\hat{y} = \sum_{i=1}^q b_i x_i + \sum_{i=1}^{q-1} \sum_{j=i+1}^q b_{ij} x_i x_j \quad (1)$$

Данните от табл. 2 са обработени и е получен следният регресионен модел:

$$y = -0,0041 + 0,2448 a_p - 0,1479 f - 0,3015 a_p * a_p + 1,219 f * f + 0,500 a_p * f.$$

Анализът на остатъците се извършва с помощта на графиките за стандартизираните остатъци фиг. 6.

Анализът на остатъците не показва нарушаване на предпоставките на регресионния анализ. От фиг. 6 се вижда, че на два от получените резултати стандартизирания остатъкът е много малко извън интервала ± 2 . Следователно, може да се направи изводът за отсъствие на груби грешки и модела е адекватен.



Фиг. 6. Графика на стандартизираните остатъци

Резултатите от статистическата обработка са показани в таблиците по-долу.

Таблица 4. Обобщение на модела

Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	PRESS	R-sq(pred)	AICc	BIC
0,0106302	99,68%	99,45%	0,0054754	97,79%	-52,90	-71,35

Таблица 5. Константи на модела

Term	Coef	SE Coef	95% CI	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0,0041	0,0247	(-0,0625; 0,0544)	-0,16	0,874	
<i>ap</i>	0,2448	0,0743	(0,0691; 0,4206)	3,29	0,013	24,20
<i>f</i>	-0,1479	0,0833	(-0,3449; 0,0491)	-1,78	0,119	19,47
<i>ap*ap</i>	-0,3015	0,0654	(-0,4562; 0,1468)	-4,61	0,002	19,76
<i>f*f</i>	1,219	0,102	(0,977; 1,461)	11,92	0,000	11,56
<i>ap*f</i>	0,500	0,106	(0,249; 0,751)	4,70	0,002	13,37

Таблица 6. Анализ на променливите

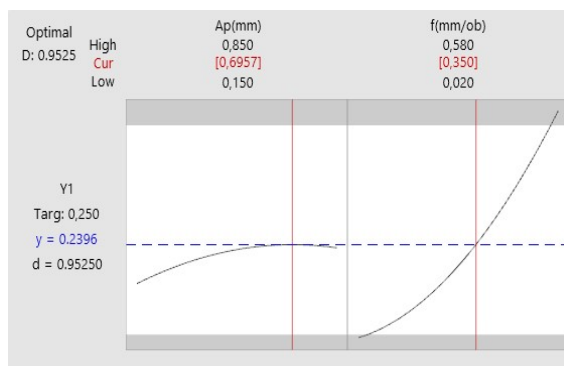
Analysis of Variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	5	0,247134	99,68%	0,247134	0,049427	437,40	0,000
<i>ap</i>	1	0,004312	1,74%	0,001226	0,001226	10,85	0,013
<i>f</i>	1	0,220067	88,76%	0,000356	0,000356	3,15	0,119
<i>ap*ap</i>	1	0,004187	1,69%	0,002400	0,002400	21,24	0,002
<i>f*f</i>	1	0,016068	6,48%	0,016068	0,016068	142,19	0,000
<i>ap*f</i>	1	0,002500	1,01%	0,002500	0,002500	22,12	0,002
Error	7	0,000791	0,32%	0,000791	0,000113		
Lack-of-Fit	3	0,000764	0,31%	0,000764	0,000255	37,44	0,002
Pure Error	4	0,000027	0,01%	0,000027	0,000007		
Total	12	0,247925	100,00%				

F - стойност на разпределението на Фишер, използвана за проверка на значимостта на коефициента на множествена корелация;

P - коефициентът на множествена корелация. Коефициентът на множествена корелация е незначим ако $P > \alpha (\alpha = 0.05)$;

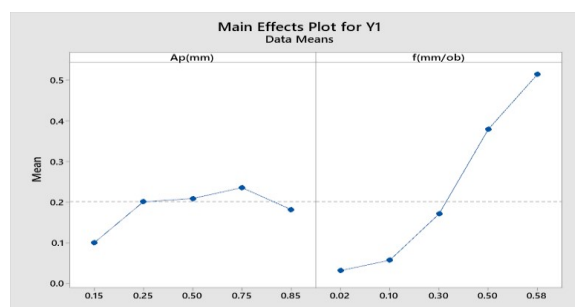
От анализа на променливите се вижда, че **P** стойността на подаването е 0,119 и е незначим, останалите стойности са значими.

Направена е оптимизация на модела и е предсказана на фиг. 7



Фиг. 7. Оптимизационна графика

Анализирано е, с помощта на MINTAB19, влиянието на подаването и дълбочината на рязане върху стабилността на системата, фиг. 8 и 9 .



Фиг.8. Оптимизационна графика

4. Анализ на получените резултати

От анализа на получените стойности на отклонението от размера и направения регресионен модел с последваща оптимизация се налагат следните изводи:

➤ Получен е адекватен регресионен модел отлично описващ връзката между режимите на рязане и отклонението от номиналния размер.

➤ Направената експериментална проверка на модела доказва неговата адекватност.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев В, С. Салапатева, И. Четров, С. Лилов, ПЪКОВОДСТВО ЗА КУРСОВО ЗА ЛАБОРАТОРНИ УПРАЖНЕНИЯ ПО ТЕХНОЛОГИЯ НА МАШИНОСТРОЕНЕТО – ЧАСТ3, 2009 Габрово, ISBN 978-954-490-100-4
2. Ленгеров А., ТЕХНОЛОГИЯ НА МАШИНОСТРОЕНЕТО, 2013, ПЛОВДИВ , ISBN 978-954-561-328-9
3. Zhang, C.; Jiang, P. Sustainability Evaluation of Process Planning for Single CNC Machine Tool under the Consideration of Energy-Efficient Control Strategies Using