

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИЛОВОТО НАТОВАРВАНЕ ПРИ СВРЕДЛА С НЕСИМЕТРИЧНА СХЕМА НА ИЗРЯЗВАНЕ НА ПРИБАВКАТА

Евстати Лефтеров, Таня Аврамова

Abstract: In this article is proposed experimental setup that allows to check different constructional variants for cantilevered drills and drills for deep holes (with guide plates) in real conditions. It allows to research the equivalent force depending on the angle defining the relative position of the cutting plates and also to define the angles of a relative position of the guide plates. The results for stresses and deformations after experimental researches with this experimental setup are shown in the article.

Key words: Cantilevered drill, Drill for deep holes, Experimental setup

1. Въведение

Прилагането на сменяеми пластини (СП) при различни конструкции инструменти за обработка на отвори води до несиметрични схеми на изрязване на прибавката [4]. Такива са инструментите с една, две и повече режещи пластини за обработка на нормални и дълбоки отвори [1, 3, 4]. Тази особеност предизвиква наличие на еквивалентна сила, която въздейства върху тялото на инструмента и вретения възел на металорежещата машина или посредством направляващите елементи на технологичната система като цяло [1, 4].

Схемата на натоварване е характерна и определяща всяка конструкция на инструмент за обработка на отвори и нейното изучаване позволява да се подобрят конструктивните и експлоатационните им характеристики.

2. Теоретични основи на изследването

Силите и моментите, натоварващи свредла със сменяеми пластини могат да се представят съответно с изразите [4]:

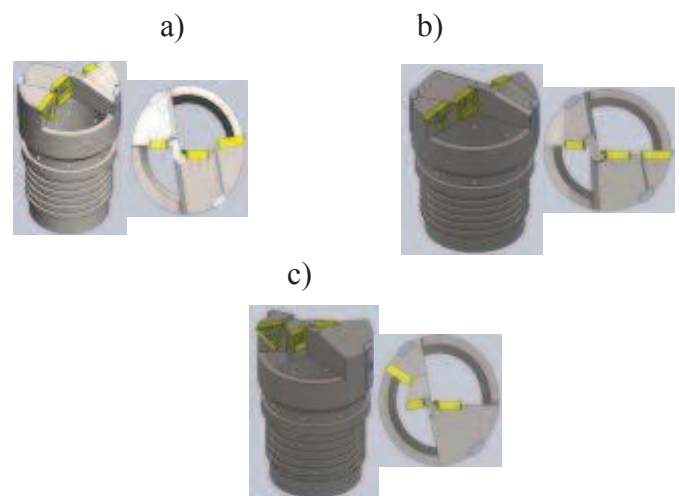
$$\begin{aligned} R_x &= f(F_{x_n}); R_y = f(F_{y_n}, F_{z_n}, \psi_n); \\ R_z &= f(F_{z_n}, F_{y_n}, \psi_n), \end{aligned} \quad (1)$$

където: F_{x_n} , F_{y_n} , F_{z_n} – компоненти на силата на рязане относно всяка отделна режеща пластина; ψ_n – ъгъл на разположение на режещите пластини при припокриване на обработвания диаметър.

$$\begin{aligned} M_x &= f(F_{x_n}, a_n); M_y = f(F_{x_n}, F_{y_n}, F_{z_n}, a_n, z_c, \psi_n); \\ M_z &= f(F_{x_n}, F_{y_n}, F_{z_n}, a_n, y_c, \psi_n), \end{aligned} \quad (2)$$

където: a_n – координати на приложните точки на силата на рязане; y_c , z_c – координати на масовия център на напречното сечение на инструмента.

При свредлата за обработка на дълбоки отвори задачата при проектиране на инструмента се усложнява от гледна точка на това, че инструмента не е с поведение на конзолно закрепена греда, а има налични направляващи елементи (фиг.1) [1].



Фиг. 1. Варианти на режещата част на свредла за обработка на дълбоки отвори
a) Режеща глава без ъглово изместване на режещите пластини; b) Режеща глава с ъглово изместване на периферната пластина на ъгъл $\psi=10^\circ$; c) Режеща глава с ъглово изместване на периферната пластина на ъгъл $\psi_1=30^\circ$ и междинната пластина $\psi_2=10^\circ$

В този случай изследването на силовото натоварване се заключава в оптимизиране на големината на радиалните сили, действащи в направляващите като:

$$F_1, F_2 = f(R_y, R_z, \delta_1, \delta_2, \mu), \quad (3)$$

където: R_y и R_z се определят по зависимост 1 и в тях пряко участват ъглите ψ_1 и ψ_2 при свредла с три режещи пластини; δ_1 и δ_2 – ъгли между направляващите пластини спрямо равнината на разположение на централната режеща пластини; μ - коефициент на триене между стените на обработвания отвор и направляващите пластини.

Анализирайки зависимости (1), (2) и (3) могат да се направят следните изводи:

- Оптимизиране на конструкциите на инструментите за обработка на отвори на практика се свежда до оптимизиране на схемата на натоварване;

- Процесът на оптимизация изисква анализа на множество варианти, като за ограничаването им се налага въвеждане на критерии от конструктивен характер и в зависимост от процесите на рязане;

- Подходът при изследването на схемите на натоварване при свредла конзолен тип и с направляващи е еднакъв до момента на търсене на оптималните стойности на ъглите δ_1 и δ_2 (фиг.1).

Очевидно е, че в настоящия момент точното определяне на съставляващите силата на рязане F_x , F_y и F_z , действащи на режещите пластини, е невъзможно, тъй като при прякото им измерване се допуска грешка над 5%, което само по себе си пречи на получаване на достоверен оптимален конструктивен вариант.

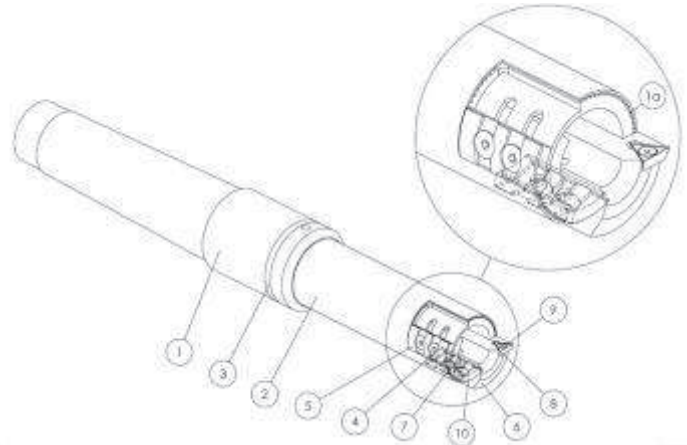
Тези особености налагат създаването на нов подход основан на разработването на експериментална установка, посредством която да се пресъздават определени рационални конструктивни варианти, получавани при теоретичните изследвания.

3. Описание на експерименталната установка

Общият вид на инструмента, представляващ експерименталната установка е показан на фиг.2 [2]. Конструкцията съдържа следните елементи: тяло 1, осигуряващо якостно инструмента; тъкостенен елемент 2, покриващ надлъжните канали 1а за подвеждане на МОТ; челно уплътнение 3; режещ модул 6, носещ режещата пластини 8 закрепена с винт 9. Опорните елементи 10 и 5 са подвижни един

спрямо друг и се фиксират с винтове 4 и контратяло 7.

Уплътнение 3 осигурява херметичност на еластичния елемент, явяващ се част от тяло 1. Измерванията се извършват с тензодатчици, позволяващи да се измерят съставляващи силата на рязане в равнина перпендикулярна на оста на инструмента.



Фиг. 2 Общ вид на експерименталната установка

Уплътнение 3 осигурява херметичност на еластичния елемент, явяващ се част от тяло 1. Измерванията се извършват с тензодатчици, позволяващи да се измерят съставляващи силата на рязане в равнина перпендикулярна на оста на инструмента.

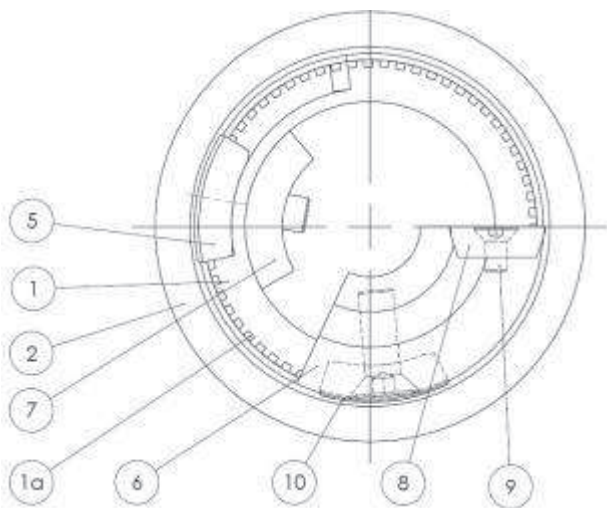
Разработената конструкция позволява да се изградят два вида инструменти за обработка на отвори:

- Свредла със сменяеми пластини (две пластини) без направляващи и инструмент за разширяване на отвори;

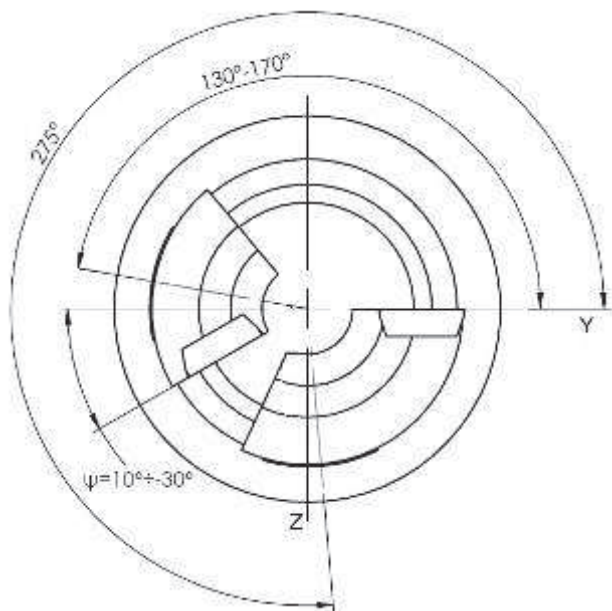
- Свредла за дълбоки отвори с направляващи.

На фиг.3 е показана възможността посредством премахване на направляващите 5 и 10 и поставяне на централен модул аналогичен на модул 8 да се изгражда свредло със сменяеми пластини, позволяващо да се променя ъгъл ψ между тях от 10° – 30° (фиг.4).

При условие, че се монтира направляващи допълнително се създава възможност за промяна на ъглите δ_1 и δ_2 от 130° – 170° .



Фиг. 3. Поглед към челото на опитната установка



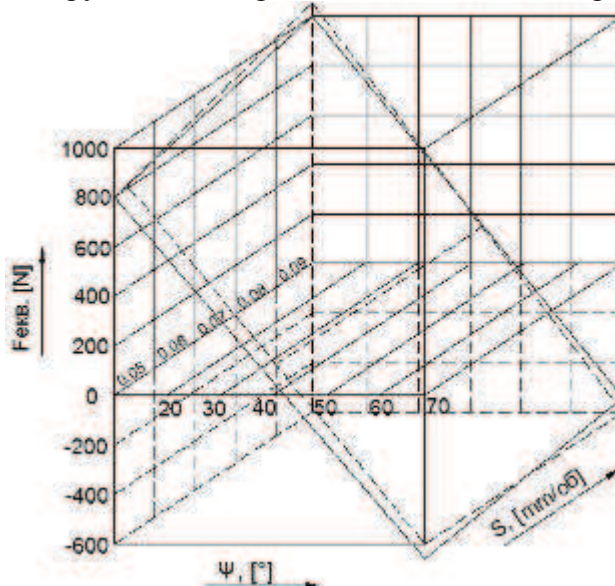
Фиг. 4 Възможност за регулиране на параметрите на конструкцията на експерименталната установка

4. Резултати от експерименталните изследвания

С помощта на експерименталната установка са проведени две групи експерименти. В първия случай е изследван инструмент без направляващи пластини, с диаметър Ø31 mm, при обработка на стомана S355, със скорост на рязане 120 m/min. Получените резултати са показани на фиг.5.

На фиг.5 се вижда промяната на посоката на еквивалентната сила, действаща в равнината ZY (фиг.4), от което могат да се направят два основни изводи:

- Ъгъл ψ влияе съществено върху еквивалентната сила $F_{екв}$, което означава и върху точността на обработката при конзолни инструменти (без направляващи пластини);
- Ъгъл ψ променя схемата на натоварване, която влияе пряко върху силите, действащи в направляващите пластини на инструменти за обработка на дълбоки отвори.



Фиг. 5 Изследване на еквивалентна сила в зависимост от ъгъл ψ (на взаимно разположение между режещите пластини)

Втората група експерименти са проведени при създаване на различни комбинации на изменения на ъглите ψ , δ_1 и δ_2 , които на практика представляват различни конструктивни варианти на свредла с три режещи пластини показани на фиг.1. Резултатите от това изследване са показани в табл.1.

Подбрани са получени по теоретични път варианти, при които е променяно положението на междинната пластина, а като критерий за оценка на рационалността на определен вариант служи условието $S_1 \approx S_2 > 1$.

Силите F_1 и F_2 , за разлика от конзолно закрепените свредла, се формират и от силите на триене в направляващите пластини. Напреженията и деформациите в технологичната система са отчетени основно за детайла, като елемент с най-голяма податливост.

5. Изводи и заключение

Предвид особеностите на анализираните конструкции могат да се направят следните изводи:

- Разработената експериментална установка позволява да се проверят в реални условия различни конструктивни варианти, както за конзолно закрепени свредла, така и за свредла за дълбоки отвори (с направляващи елементи);
- При свредла с две режещи пластини без направляващи пластини промяната на ъгъл ψ води до промяна на схемата на натоварване в частност се променя посоката и големината на еквивалентната сила, действаща в челно сечение;
- При определяни условия еквивалентната сила клони към 0 N, което означава, че силите, които я формират се уравновесяват;
- При свредла с направляващи пластини (за обработка на дълбоки отвори) ъгъл ψ влияе по същия начин, като в комбинация с разположението на направляващите пластини (ъглите δ_1 и δ_2) могат да се разработят конструкции с еднакви коефициенти на устойчивост спрямо двете направляващи пластини;
- При свредлата за дълбоки отвори посредством промяната на ъгъл ψ може да се влияе пряко върху силите F_1 и F_2 , действащи в направляващите и предопределящи контактните явления със стените на обработвания отвор.

Табл.1 Резултати от проведени втора група експерименти

Пор. №	Ъгъл на разположение на междинната режещата пластина, ψ [°]	Ъгли на разположение на направляващите пластини		Сили, действащи в направляващите пластини		Коефициенти на сигурност за направляващите пластини получени чрез пресмятане		Напрежения в детайла получени чрез пресмятане		Преместване	
		δ_1 , [°]	δ_2 , [°]	F_1 , [N]	F_2 , [N]	S_1	S_2	σ_{min} , [N/mm ²] (MPa)	σ_{max} , [N/mm ²] (MPa)	μ_{min} , [mm]	μ_{max} , [mm]
1	10	130	275	-1035,8	410,2	1,14	1,21	9,2 e-010	487,2	0,001	0,054
2	8	132	275	-856	200,8	1,12	1,18	8,6 e-010	510,3	0,001	0,057
3	6	134	275	-689,4	17,2	1,11	1,15	6,7 e-010	540,4	0,001	0,059
4	4	136	275	-534,1	-143,4	1,10	1,13	9,4 e-010	500,9	0,001	0,056
5	2	138	275	-388,3	-282,9	1,08	1,10	7,7 e-010	478,8	0,001	0,053
6	0	140	275	-250,7	-403,3	1,07	1,07	8,4 e-010	452,7	0,001	0,050
7	-2	142	275	-362,1	-296	1,09	1,10	8,7 e-010	502,7	0,001	0,056
8	-4	144	275	-464,3	-200,1	1,10	1,13	1,1 e-009	560,2	0,001	0,062
9	-6	146	275	-558,3	-112,1	1,10	1,16	9,9 e-010	621,9	0,001	0,067
10	-8	148	275	-645	-32	1,10	1,18	1,3 e-010	663,3	0,001	0,072
11	-10	150	275	-725,3	41,2	1,11	1,21	1,4 e-009	676,1	0,001	0,075
12	-12	152	275	-799,7	108,08	1,10	1,24	9,8 e-010	714,3	0,001	0,077
13	-14	154	275	-868,8	169,2	1,09	1,27	1,5 e-009	738,1	0,001	0,079
14	-16	156	275	-933,18	225,18	1,08	1,30	1,3 e-009	735,1	0,001	0,082
15	-18	158	275	-993,2	276,4	1,06	1,32	1,6 e-009	770,8	0,001	0,083
16	-20	160	275	-1049,3	323,14	1,04	1,35	1,5 e-009	784,6	0,001	0,085
17	-22	162	275	-1101,8	365,9	1,02	1,37	1,6 e-009	804,4	0,001	0,087
18	-24	164	275	-1151	404,82	0,99	1,39	1,4 e-009	820,5	0,001	0,089
19	-26	166	275	-1197,1	440,3	0,97	1,42	1,5 e-009	843,4	0,001	0,092
20	-28	168	275	-1240,3	472,4	0,94	1,44	1,7 e-009	866,2	0,001	0,094
21	-30	170	275	-1280,9	501,4	0,90	1,46	1,9 e-009	873,4	0,001	0,096

Литература:

- [1] Лефтеров Е.Л., Аврамова Т.Г., „Изисквания при проектирането на свредла за обработка на дълбоки отвори”, сп. „МТТ“, кн. 1, издание ТО на НТС – Варна и ТУ- Варна, 2012 г., ISSN 1312 – 0859, стр. 16-20.
- [2] Лефтеров Е.Л., Аврамова Т.Г., Комбиниран инструмент за обработка на отвори, ВГ Патент, №1913, 01.07.2014
- [3] Лефтеров Е. Л., Николов С. Н. Високопроизводителни инструменти за обработване на отвори, ДИ Техника, София, 1989, УДК 621.9.0.25:621.953, стр. 171
- [4] Лефтеров Е. Л., Оптимални методи и средства за механична обработка, ТУ-Варна, Варна, 2013, ISBN 978-954-20-0590-2, стр.159

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна

доц. д-р инж. Евстати Лефтеров
e-mail: lefterov@tu-varna.bg

ас. д-р. инж. Таня Аврамова
e-mail: tanya_avramova@tu-varna.bg