

## Експериментално изследване на силовите деформации на разстъргващ инструмент, породени от радиалната сила

Светлана Колева, Милко Енчев

### *Experimental Study of the Force Deformations of a Reboring Tool, Caused by the Radial Force:*

*The cutting forces provoke volume and contact deformations, and as a result the tip of the cutting tool in the direction of dimensional machining shifts from its nominal position. The paper presents studies related to the experimental determining of contact and volume deformations of reboring tools. Established is their share of the total deformation of the cutting tool.*

**Key words:** Tool deflection, cutting force, stability

### ВЪВЕДЕНИЕ

Проблемът със стабилността при струговото обработване преди всичко се свързва с разстъргващите инструменти. Този метод на обработване е универсален, осигурява точността в разположението на повърхнините, борщангите са по-евтини от размерните инструменти, един инструмент се използва за обработване на различни по диаметър повърхнини, при износване се подменя само режещата пластина и др. С разстъргващи инструменти със сменяеми режещи пластини могат да се обработят отвори с минимален размер  $\Phi 7\text{mm}$ , а с монолитни твърдосплавни – до  $\Phi 0.3\text{mm}$  [3, 4, 5]. Дължината на разстъргваните отвори се ограничава от стабилността на инструмента и от евакуацията на стружките.

По време на рязане разстъргващите инструменти се разглеждат като запънати греди, натоварени в свободния си край със силите на рязане. В редица литературни източници силовите деформации на инструмента като фактор, влияещ на точността, се разглеждат само като резултат на обемните деформации от радиалната сила на рязане  $F_p$  [3, 4]. Но при работа в граничните условия, върху формирането на деформациите влияние оказват контактната стабилност в установените елементи и останалите сили на рязане.

Общата деформация (преместване) на върха на инструмента по направление на размерообразуването представлява сума от обемни  $y_o$  и контактни  $y_k$  деформации:

$$y = y_o + y_k \quad (1)$$

### ИЗЛОЖЕНИЕ

В [1] са изведени зависимости за определяне на дела на радиалната и осовата сили в сумарната деформация на инструмента, изразени чрез отношението

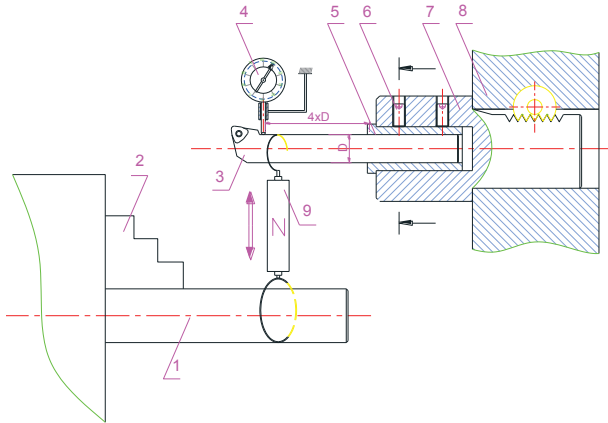
$$\frac{t}{s} = \frac{b(q+ap)}{(1+a)} \quad (2)$$

В този израз с  $b = \frac{F_f}{F_p}$  е зададено отношението между осовата и радиалната

сили. От теоретичните изследвания при  $k = \frac{L}{d} = 3 \div 6$  са определени следните стойности за отношението на податливости от осовата и радиалната сили съответно: за обемните –  $q = \frac{w_{F_f,o}}{w_{F_p,o}} = 0,45 \div 0,13$  и за контактните –

$$p = \frac{w_{F_f,k}}{w_{F_p,k}} = 0,3 \div 0,1.$$

За намиране големината на параметъра  $a = \frac{w_{F_p,k}}{w_{F_p,o}}$ , представляващ съотношението на контактните и обемните податливости от радиалната сила, са необходими допълнителни изследвания тъй като няма аналитични зависимости за изчисляване на контактните деформации. Поради това техните стойности трябва да

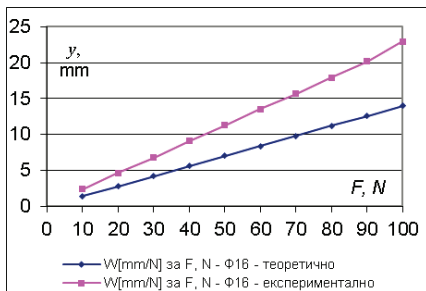


Фиг.1 Опитна установка

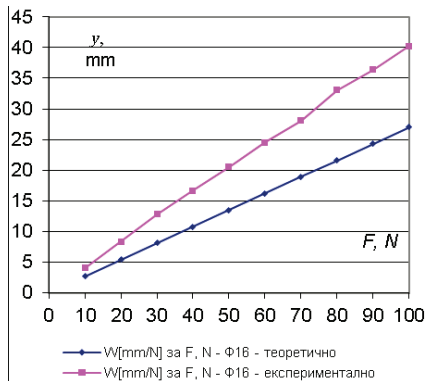
се определят експериментално, в резултат на което ще бъде възможно намирането на отношението  $\frac{t}{s}$ .

Проведени са експериментални изследвания за определяне на действителните стойности на деформациите на разстъргващ инструмент, предизвикани от радиалната сила  $F_p$ . Инструментът с излет равен и по-голям от приетия от гледна точка стабилност по време на обработване, т.е. при  $k = 4$  и  $k = 5$ . Изследванията са извършени върху струг с ЦПУ SE063 при използване на опитната установка, показана на фиг.1.

Разстъргващия инструмент 3 е установен в централния нождържач на



Фиг.2 Теоретична и експериментална деформации на инструмент Φ16 при

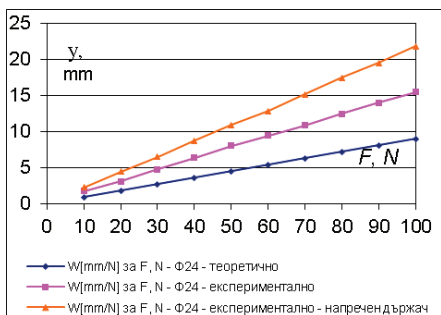


Фиг.3 Теоретична и експериментална деформации на инструмент Φ16 при k=5

револверната глава 8 посредством две втулки. Втулката 5 е изработена еластична (прорязана) и след като в нея се установи инструмента, тя се закрепва в инструменталния държач 7 посредством винтовете 6. В патронника 2 се закрепва лоста 1. Натоварването на разстъргващия инструмент става с помощта на електронната везна 9, двата края на която са захванати съответно към лоста и инструмента. Силата е по направление на

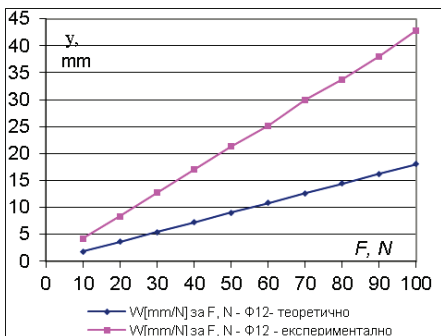
пасивната сила на рязане  $F_r$ , която действа по направление на размерообразуване. Приложената на инструмента сила се отчита по калибрираната предварително везна, а деформацията на щангата – по неподвижно установения към кор-пуса на машината микрометричен часовник 4. При това си установяване инструментът се разглежда като запъната греда. Натоварването му и отчитането на деформацията се извършват на разстояние  $4D$  от мястото на запъване, т.е.  $k = 4$ . Проведени са експерименти с натоварване от 10 до 100N със стъпка 10N с няколко повторения. Резултатите на измерените деформации са осреднени и са представени на фиг.2 във функция на силата, с която е натоварен инструментът. На същата графика е представена и теоретичната зависимост за деформациите при същите условия. Същият експеримент е проведен и при  $L/D=5$  или на разстояние  $5D$  от мястото на запъване ( $k = 5$ ). Резултатите са представени на фиг.3.

С цел изключване влиянието на междинната еластична втулка е проведен експеримент, при който инструмент със сечение  $\Phi 24$  и излет  $L/D=4$  ( $k = 4$ ). е установен направо в инструменталния държач на SE063. Измерени са деформациите и когато разстъргващият инструмент е установен в напречен нождържач в револверната глава, т.е. без преходни втулки или опорни пластини. Схемата на натоварване и отчитане на деформациите е същата. Резултатите от измерените при двете схеми на установяване и теоретично определените деформации са представени на фиг.4:



Фиг.4 Теоретична и експериментална деформации на инструмент  $\Phi 24$  при  $k=4$

във втулка в централна позиция на револверната глава. Резултатите са представени на фиг.5.



Фиг.5 Теоретична и експериментална деформации на инструмент  $\Phi 12$  при  $k=4$

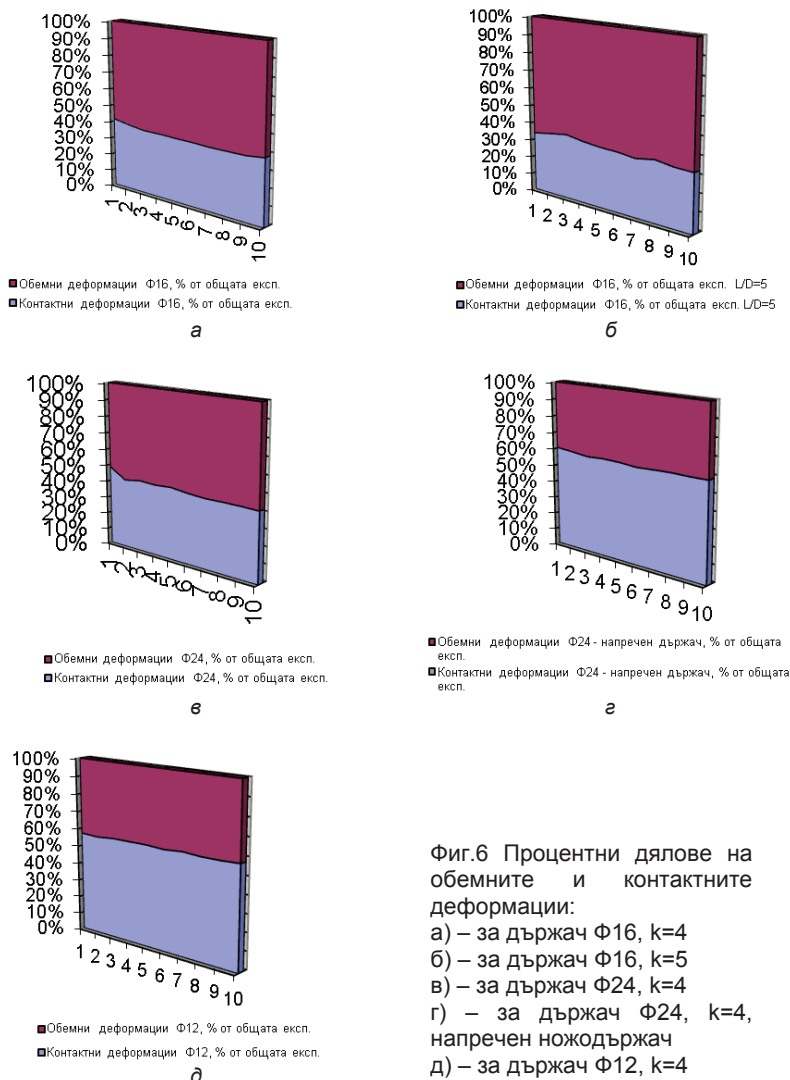
От графиките се вижда, че експериментално отчетената деформация се различава от теоретично определената. При втората не се включват контактните деформации, възникващи в зоната на контакт на инструмента и нождържача, нито износването, нараняванията и подбитостите по базовите им повърхнини, съществуващи в реална технологична. Тези неотчетени деформации в теоретичните изчисления са контактните деформации и действителната им стойност може да се намери като разлика между теоретично определени-

те обемни еластични деформации и реално измерените.

На следващите графики (от фиг.6,а до фиг.6,д) са представени процентните дялове на силовите и контактните деформации в общата измерена при съответна действаща сила.

В резултат на извършените експериментални изследвания за  $k = 4$  за диаметър на разстъргващия инструмент  $\Phi 24$  за съотношението между контактните и обемните деформации [1] се получава:

$$\alpha = 0.7$$

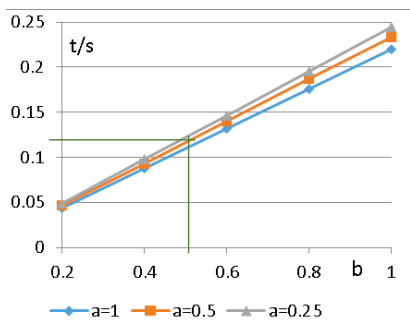


Фиг.6 Процентни дялове на обемните и контактните деформации:

- а) – за държач  $\Phi 16$ ,  $k=4$
- б) – за държач  $\Phi 16$ ,  $k=5$
- в) – за държач  $\Phi 24$ ,  $k=4$
- г) – за държач  $\Phi 24$ ,  $k=4$ , напречен ножодържач
- д) – за държач  $\Phi 12$ ,  $k=4$

С определените стойностите на  $\alpha$ ,  $p$ , и  $q$  се намира отношението  $t/s$ , представляващо отношението между дела на осовата и дела на радиалната сила в сумарната деформация на инструмента [1]. Построена е графиката  $\frac{t}{s} = f(b)$ , представена на фиг.7.

На етапа чисто обработване, предвид препоръчителните дълбочини на рязане [3, 4, 5], на практика рязането се извършва с радиуса  $r_e$  при върха на режещата пластина, а още по-често с част от него. От тази гледна точка големите стойности на  $b$  няма как да се получат.



Фиг.7 Графика на функцията  $\frac{t}{s} = f(b)$

податливостите при едно и също  $b$  е незначително.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На база направените лабораторни изследвания може да се обобщи:

5. Контактните деформации, установени при реално (производствено) състояние на установъчните бази на инструменталната екипировка имат 35% до 60% дял в резултантните деформации;
6. Натоварването на инструмент, установен в напречния нождържач, е съпроводено с по-големи контактни деформации спрямо инструмент, установен в централен (цилиндричен) държач, дължащо се на различната схема на базиране на инструмента;
7. Необходимо е извършването на допълнителни експериментални изследвания за определяне големината и разсейването на радиалната сила на рязане при чисто струговане чрез измерване на протичащите по време на рязане деформации на инструмента;
8. Резултатите за деформациите на разстъргващ инструмент могат да се пренесат и за случай, когато се обработва нестабилна заготовка.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Енчев М., Колева С., Теоретично изследване на силовите деформации на разстъргващ инструмент, Научни трудове на РУ, 2014г.;
- [2] Фадюшин И.Л. и др., Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС, Москва, Машиностроение, 1990;
- [3] ISCAR catalogue – turning tools;
- [4] SANDVIK technical guide;
- [5] WALTER catalogue.

### За контакти:

Гл.ас.Светлана Колева, катедра ТММРМ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 653, e-mail: [svetla@uni-ruse.bg](mailto:svetla@uni-ruse.bg)  
 Доц. д-р Милко Енчев, катедра ТММРМ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 653, e-mail: [menchev@uni-ruse.bg](mailto:menchev@uni-ruse.bg)

Докладът е рецензиран.