

Prof. dtn Ivanov Veliko., Dr. Meng. Ivanov Alexander, MEng. Ivanov Krassimir.  
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering – Rousse University, Bulgaria

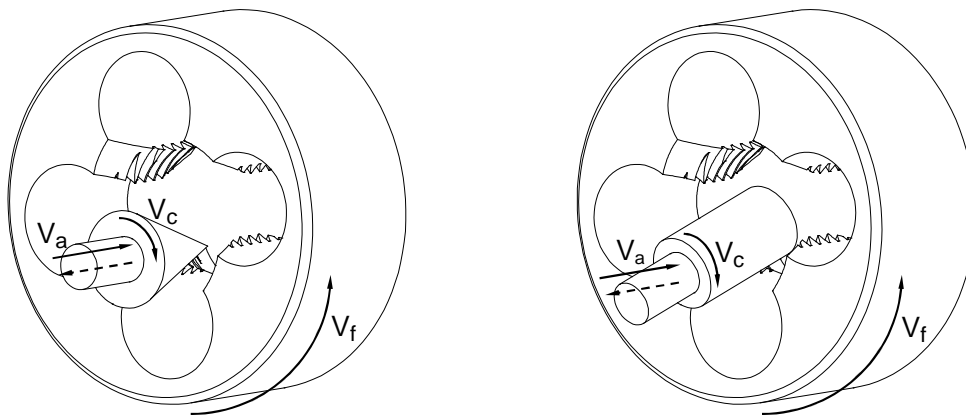
**Abstract:** *The article presents an analytical research of the back clearance angles, formed by axis backing-off of cylindrical thread dies. Through the determined maths model the change in the sizes of the back angles along the cutting edge has been proved and an algorithm for their determination has been created. The influence of the basic technological and constructive parameters of the instruments on the back angles, have been studies.*

**Keywords:** CYLINDRICAL THREAD DIE, BACK CLEARANCE ANGLE, AXIS BACKED-OFF SURFACE, MATHEMATICAL MODEL

### 1. Въведение

Резбонарязващите плашки, независимо от ниската производителност и други съществени недостатъци си остават широко използвани инструменти за формиране на резби с диаметри до 72 мм, особено в дребносериеното и единично производство [1,2]. Рационалната експлоатация на тези инструменти в голяма степен зависи от реализираните предни и задни ъгли в зоната на режещите части на инструмента. Докато стойностите на предните ъгли на плашките се регламентират на етап конструиране и се предопределят най-често от разположението и размерите на цилиндричните стружкови отвори, то главните задни ъгли се получават чрез оформяне на затиловани главни задни повърхнини по една от схемите показани на фиг.1. При първата схема се реализира осово затиловане с коничен абразивен инструмент с ъгъл при върха на конуса, равен на  $2\chi_r$ , където  $\chi_r$  е главния установъчен

ъгъл на плашката, а при втората схема - с цилиндричен инструмент, наклонен на ъгъл  $\chi_r$  спрямо оста на плашката. И при двете схеми затилования инструмент извършва въртеливото главно движение на рязане  $V_c$  и праволинейното възвратно-постъпателно подавателно движение  $V_a$ , успоредно на оста на плашката и съгласувано с кръговото подавателно движение  $V_f$ . В специализираната литература [3, 4, 7] се препоръчва чрез затиловането да се оформят главни задни ъгли в диапазона  $6^\circ - 9^\circ$ , без да се посочва при какви параметри на технологичните схеми могат да се осигурят такива стойности и какво е изменението им по дължина на главните режещи ръбове. По-долу, чрез използване на математичния апарат на аналитичната и диференциалната геометрия [5,6], е представено аналитично изследване на затиловането по първата схема, даващо отговор на тези въпроси.



Фиг. 1. Схеми на затиловане с коничен (а) и цилиндричен (б) абразивен инструмент

### 2. Математичен модел на осово затиловане с коничен абразивен инструмент

#### 2.1 Основни положения и параметри на схемата при изграждане на модела.

Математичният модел е изграден на базата на следните основни положения и параметри на технологичната схема, показани на фиг.2:

Осовото затиловане движение  $V_a$  е възвратно - постъпателно като в посока към плашката е равномерно, успоредно на оста на плашката. Ако  $K_a$  е стойността на осовото затиловане, реализирано при оформяне на главната задна повърхнина на един режещ гребен на плашката, ограничено от централния ъгъл  $\epsilon_{12}$ , то съответстващата му височина на радиалното затиловане  $\Delta K_r$  е:

$$(1) \quad \Delta K_r = K_a \tan(\chi_r)$$

Оста на абразивния инструмент е изместена на разстояние  $R_k$  от оста на плашката. Във всеки момент той контактува с формираната главна задна повърхнина в точки, в които се изпълняват условията за контакт - в контактната точка да имат обща тангентна повърхнина и общ нормален вектор.

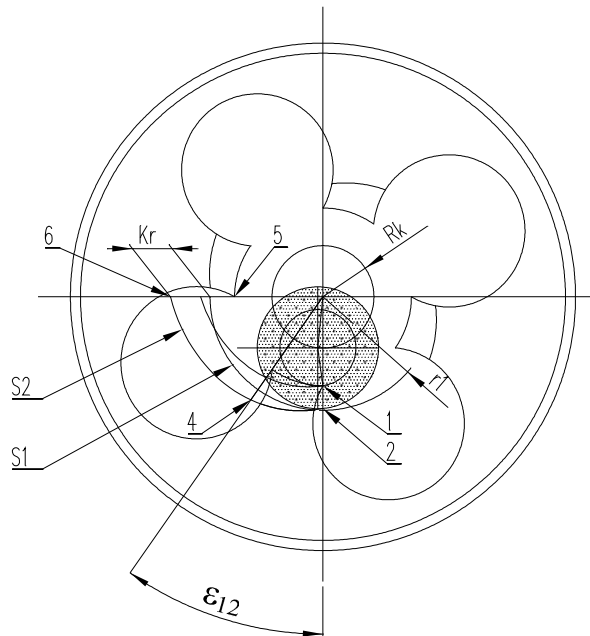
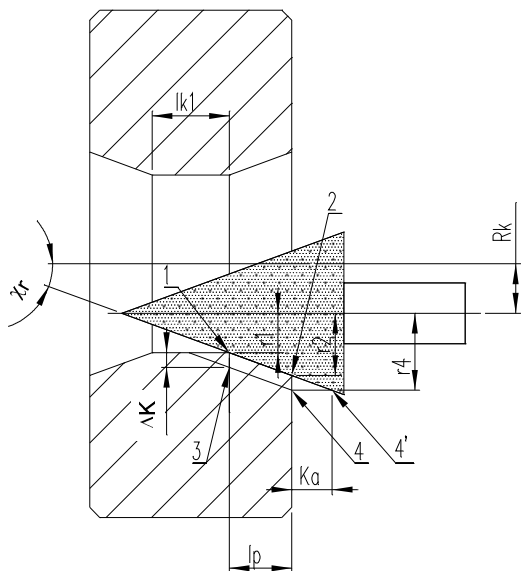
При пресичането на главната задна повърхнина с равнини, перпендикулярни на оста на плашката, например равнините, минаващи през точките 1 и 2, се получават пресечници – спирали  $S_1$  и  $S_2$ , към които се допират сеченията на абразивния инструмент, очертани с окръжности съответно с радиуси  $r_1$  и  $r_2$ . При реализиране на движенията на затиловане във всеки момент в контакт със задната повърхнина влизат различни сечения от абразивния инструмент с различни

радиуси. Тези пресечници се получават като обвиващи линии на семейство окръжности с променящ се радиус, зависещ от ъгъла на завъртане на плашката и стойностите на височината на затиловането и изместването на оста на абразивния инструмент. Например, при завъртането на окръжността с радиус  $r_2$  на ъгъл  $\varepsilon_{12}$  нараства до  $r_4$  по закона:

$$(2) \quad r_{i+1} = r_i - a \cdot \varphi,$$

където  $r_i$  радиус на окръжността от семейството окръжности, допиращи се в определена  $i$ -та точка на обвиващата линия;

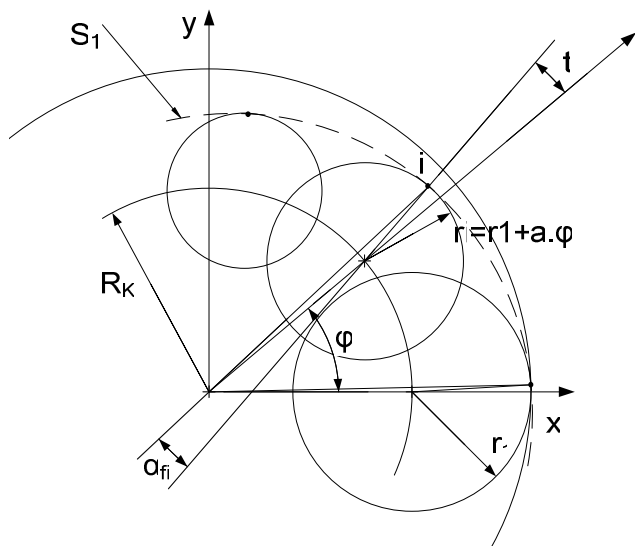
$a$  - коефициент на изменение на радиусите на семейството окръжности, определян по зависимостта



Фиг. 2. Параметри на схема на затиловане с коничен абразивен инструмент

## 2.2. Математичен модел

За определянето на параметричните уравнения на обвиващата линия се използват параметричните уравнения на семейството окръжности в координатната система  $Oxy$  (фиг. 3)



Фиг. 3. Схема за определяне на задните ъгли

$$(3) \quad x = (r_1 - a \cdot \varphi) \cdot \cos(t) \cdot \cos(\varphi) - (r_1 - a \cdot \varphi) \cdot \sin(t) \cdot \sin(\varphi) + R_k \cdot \cos(\varphi)$$

$$y = (r_1 - a \cdot \varphi) \cdot \cos(t) \cdot \sin(\varphi) - (r_1 - a \cdot \varphi) \cdot \sin(t) \cdot \cos(\varphi) + R_k \cdot \sin(\varphi)$$

$$a = K_a \cdot \operatorname{tg}(\chi_r) / \varepsilon_{12};$$

$\varphi$  - текущ ъгъл на завъртане на плашката в  $rad$  при реализиране на затиловането.

Центърът на всички окръжности от семейството винаги лежат на окръжност с радиус  $R_k$ .

Задният ъгъл  $\alpha_{pi}$  в коя и да е  $i$ -та точка от главния режещ ръб в сечение, перпендикулярно на оста на плашката се дефинира като ъгъл между допирателните към контактуващата окръжност и към обвиващата линия, минаващи през допирната им точка. Определянето му се реализира чрез използване на уравненията на обвиващата линия.

и условието за контакт между коя и да е окръжност от семейството и обвиващата линия [7]

$$(4) \quad \frac{\partial x}{\partial t} \cdot \frac{\partial y}{\partial \varphi} = \frac{\partial x}{\partial \varphi} \cdot \frac{\partial y}{\partial t},$$

където  $\frac{\partial x}{\partial t}$  и  $\frac{\partial y}{\partial t}$  са частни производни на уравнения (3) спрямо параметъра  $t$ , а  $\frac{\partial x}{\partial \varphi}$  и  $\frac{\partial y}{\partial \varphi}$  - спрямо параметъра  $\varphi$ ;

$r_1$  - приет радиус на окръжността от семейството, допираща се до обвиващата линия при  $\varphi = 0$ .

$t$  - независим ъглов параметър, определящ текущото положение на окръжност с радиус  $r_i$

След заместване на производните на уравнение (3) и преработване на (4) се получава уравнението, по което могат да се определят стойностите на независимия параметър  $t$ :

$$(5) \quad t = \arcsin(a/R_k).$$

При така определена стойност на  $t$ , уравненията (3) се явяват и уравнения на обвиващата линия  $S_1$ .

Като се отчитат означенията на фиг.3 е определена и следната математична зависимост за определяне на задните ъгли коя и да е точка от задната повърхнина, лежаща на обвиващата линия и на главния режещ ръб:

$$(6) \quad \alpha_{pi} = t - \varphi + \operatorname{arctg}(y/x).$$

## 2.3. Алгоритъм за определяне на задните ъгли.

Съгласно схемата на затиловане при определено установяване на затилования инструмент на разстояние  $R_k$ , обвиващата линия е допирателна към конкретно конично сечение с радиус  $r_i$ . На това съответстват конкретни стойности на ъгъла  $\varphi$ , чрез които трябва да се определят координатите на контактната точка. Тя трябва да отстои и на предварително

зададеното разстояние  $l$  от оста на затилвания инструмент, тъй като принадлежи и на главния режещ ръб. Определянето на стойностите на параметрите на затилване за всеки конкретен случай на затилване с коничен абразивен инструмент се извършва по алгоритъма, показан на фиг. 4, в който

$\varepsilon$  е централен ъгъл съответстващ на ширината на перото  $b$ ;

$\chi_r$  – главен установъчен ъгъл;

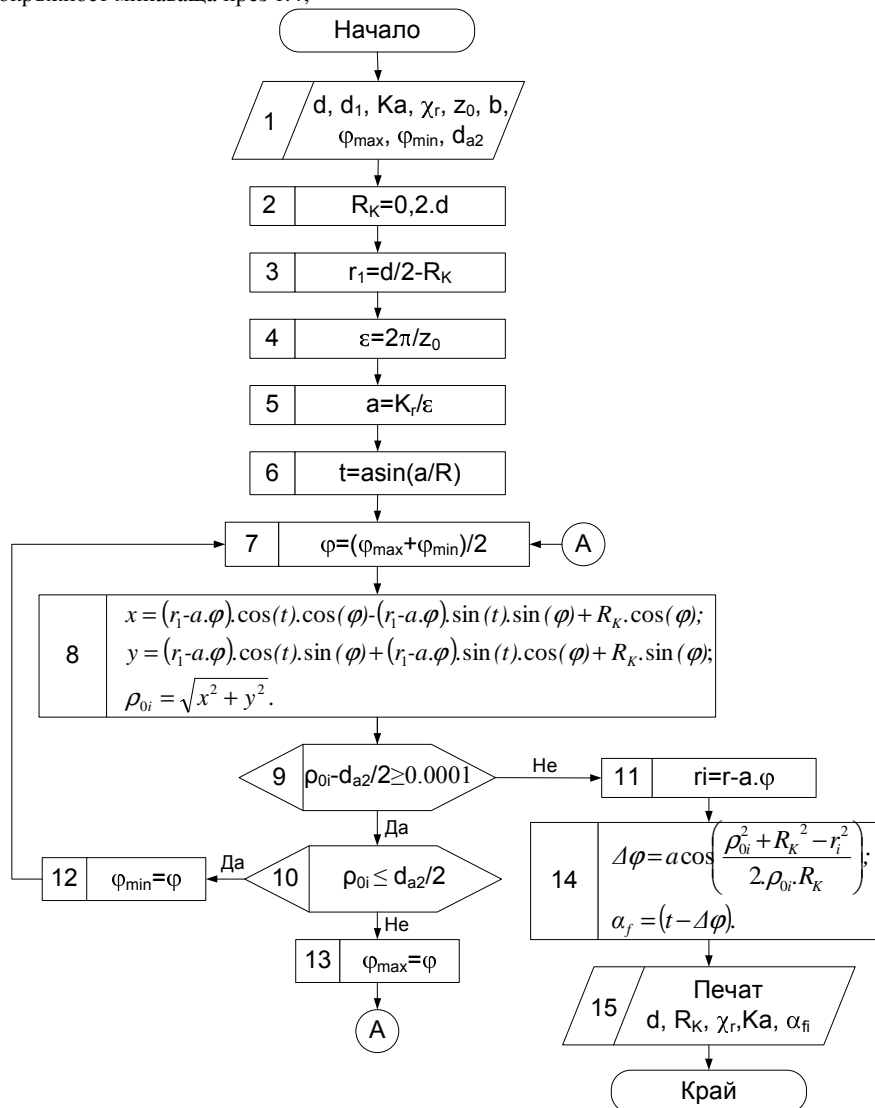
$d_{a2}$  – диаметър на окръжност минаваща през т.4;

$\rho_{0i}$  – текущ радиус вектор.

При така определена стойност на  $t$ , уравненията (3) се явяват и уравнения на обвиващата линия  $S_f$ .

Като се отчитат означенията на фиг.3 е определена и следната математична зависимост за определяне на задните ъгли в коя и да е точка от задната повърхнина, лежаща на обвиващата линия и на главния режещ ръб:

$$(6) \quad \alpha_{pi} = t - \varphi + \arctg(y/x).$$



Фиг. 4. Алгоритъм за определяне на параметрите на затилване

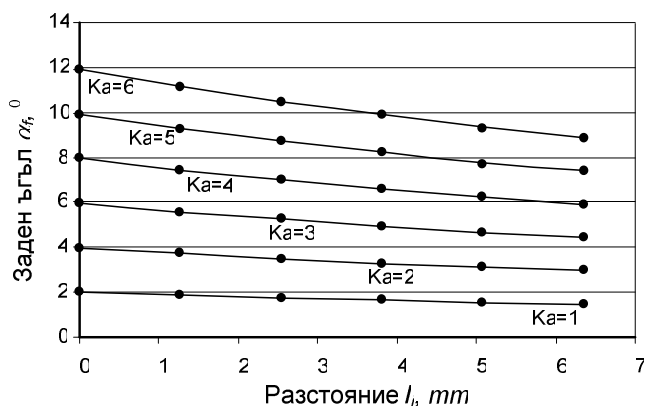
### 3. Влияние на параметрите на технологичната схема върху стойностите на задните ъгли.

Проведените теоретични изследвания показват, че :

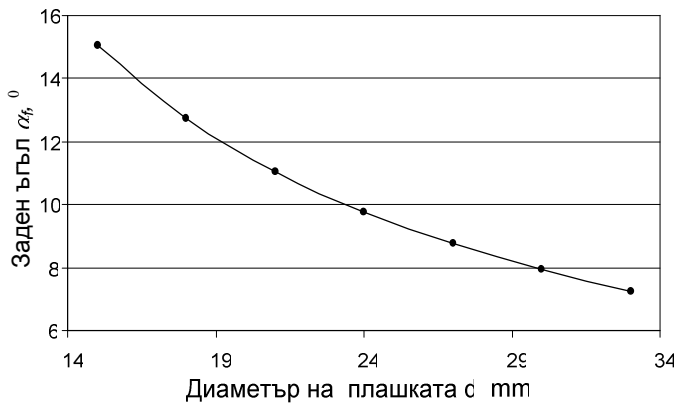
По дължина на главните режещи ръбове се наблюдава изменение на задните ъгли  $\alpha_{pi}$  в границите на  $2^0$ - $3^0$ , като минималните им стойности са в точките с най-голям радиус (при челната повърхнина), (фиг.5);

Намаляване на задните ъгли се наблюдава и при увеличаване диаметъра на наричаната резба (фиг.6). При поголемите диаметри, при затилване с коничен абразивен инструмент се получават по-малки ъгли;

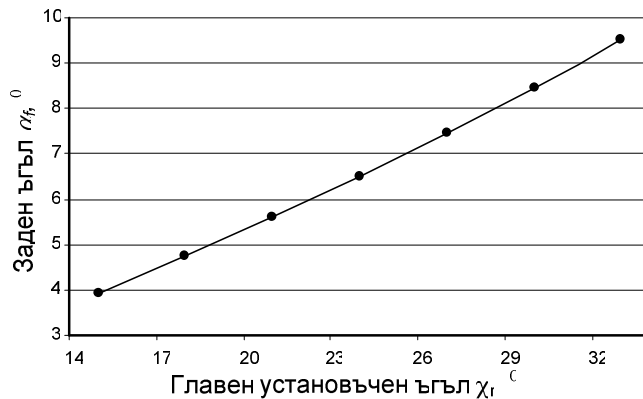
Най-силно влияние върху стойностите на задните ъгли има височината на осовото затилване  $K_a$  ( фиг. 7);



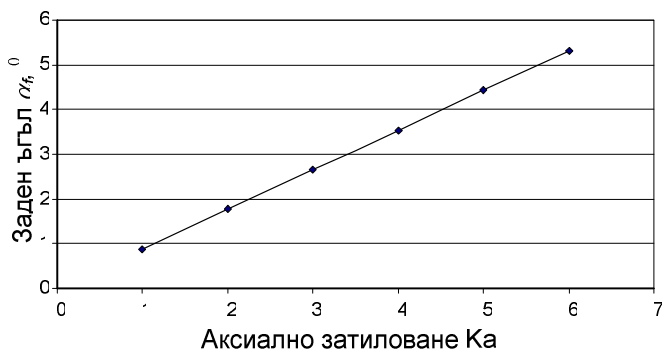
Фиг. 5. Изменение на задните ъгли по дължина на главния режещ ръб:  $d = 16\text{mm}$ ;  $P = 2\text{mm}$ ;  $z_0 = 4$ ;  $\chi_r = 20^0$ ;  $b = 3\text{mm}$ .



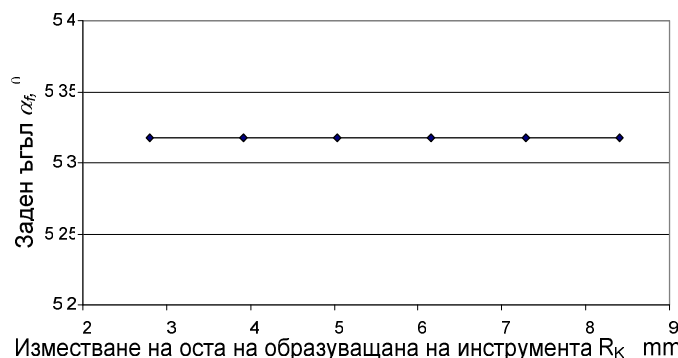
Фиг. 6. Влияние на диаметра на плашката  $d$  на изменението на задния ъгъл:  $K_a = 6\text{mm}$ ;  $RK = 0,2.d, \text{mm}$ ;  $P = 2\text{mm}$ ;  $z_0 = 4$ ;  $\chi_r = 30^\circ$ ;  $b = 3\text{mm}$ .



Фиг. 8. Влияние на главния установъчен ъгъл  $\chi_r$  на изменението на задния ъгъл  $\alpha_f$ , при  $d = 28$ ;  $K_a = 6$ ;  $R = 0,2.d$ ;  $P = 2\text{mm}$ ;  $z_0 = 4$ ;  $b = 3\text{mm}$ .



Фиг. 7. Изменението на задния ъгъл при изменение на аксиалното затиловане  $K_a$ :  $d = 28\text{mm}$ ;  $P = 2\text{mm}$ ;  $z_0 = 4$ ;  $\chi_r = 20^\circ$ ;  $b = 3\text{mm}$ .



Фиг. 9. Влияние на осовото изместване на затилования инструмент  $R_k$  на задния ъгъл при  $d = 28\text{mm}$ ;  $P = 2\text{mm}$ ;  $z_0 = 4$ ;  $\chi_r = 20^\circ$ ;  $b = 3\text{mm}$ .

Увеличаването на главния установъчен ъгъл  $\chi_r$  влияе положително на стойностите на задните ъгли ( фиг. 8), като с увеличаването му се увеличават и задните ъгли;

Изместването на оста на затилования инструмент  $R_k$  не влияе на изменението на задните ъгли - ( фиг. 9).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шатин В.П., Ю. В. Шатин Справочник конструктора - инструментальщика. М., „Машиностроения”, 1975.
- [2] Сахаров Г.Н., О.Б. Арбузов, Ю. В. Боровой, В.А.Гречишников, А.С. Киселов. Металлорежущих инструментов. М., „Машиностроения”, 1989.
- [3] Попов С. А., Л. Г. Дибнер, А. С. Каменкович. Заточка режущего инструмента.М., “Высшая школа”, 1970.
- [4] Семенченко И.И., В. М Матюшин, Г.Н.Сахаров., Проектирование металлорежущих инструментов . М., „Машгиз”, 1962.
- [5] Ханс-Йохен Барч. Математически формули. С., „Наука и изкуство”, 1986.
- [6] Литвин Ф.Л. Теория зубчатых зацеплений .М., Наука ,1968.
- [7] Филиппов Г.В. Режущий инструмент. Л., „Машиностроение”, 1981.