

## МЕХАНИКА НА ПРОЦЕСА НА РОТАЦИОННО РЯЗАНЕ

Ангел ЛЕНГЕРОВ    Мирослав МАРИНЧЕВ

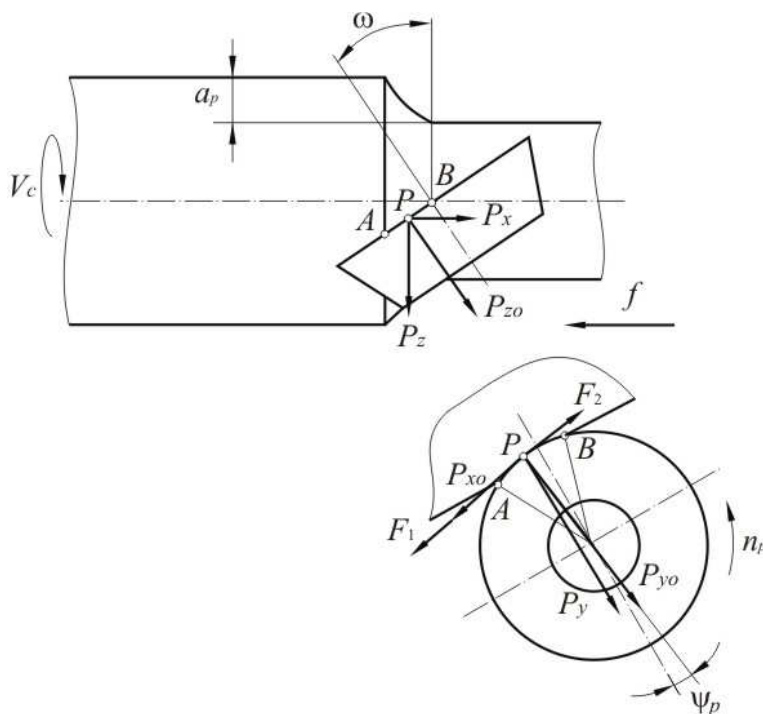
Технически университет София, филиал Пловдив  
ул. «Цанко Дюстабанов» 25, 4000 Пловдив, БЪЛГАРИЯ

*В статията е разгледана механиката на процеса на рязане с инструменти с въртливо движение на режещия ръб. Установена е зависимост на влияние на ъгъла на установяване върху средния коефициент на триене при струговане със самовъртящ се ротационен нож*

**Ключови думи:** ротационно рязане, механика, процес, струговане

Наличието на въртливо движение на режещия ръб в процеса на обработка при ротационно рязане води до изменение на динамическите показатели на процеса, т.е. до изменение на направлението и величината на силата на рязане.

За установяване на всички сили действащи на работната повърхност на ротационен нож ще разгледаме схема на рязане, показана на фиг.1



**Фиг.1.** Схема на действие на силите при самовъртящ се ротационен нож

При ротационно рязане съществуват допирателни сили на триене към работните повърхнини на инструмента с противоположно

направление на скоростта на въртене – точка  $P$ , която се явява условие за равномерността на въртене. Доколкото предната и задната

повърхнината на ножа имат контакт със заготовката и стружката в рамките на някаква площ, то може да се говори за две области на тази площ с разни направления на силата на триене, разделени с полюсна линия  $P - P$ .

От фиг. 1 определяме:

$$\begin{aligned} P_{X0} &= (P_Z \sin \omega - P_X \cos \omega) \cos \psi_P + P_Y \sin \psi_P; \\ P_{Y0} &= P_Y \cos \psi_P - (P_Z \sin \omega + P_X \cos \omega) \sin \psi_P; \\ P_{Z0} &= P_X \sin \omega + P_Z \cos \omega \end{aligned} \quad (1)$$

където:  $\psi_P = \frac{1}{2} \psi_K$ ;  $P_{X0}, P_{Y0}, P_{Z0}$  -

съответстващите сили на рязане насочени съответно допирателно към режещия ръб, радиално към центъра на режещия елемент и надолу по оста на ножа;

$\psi_K$  - ъгъла на контакта на режещия ръб на ножа със заготовката;

$P$  - точка на прилагане на силата на рязане.

От кинетостатическото уравнение на въртене на ножа имаме:

$$P_{X0} = F_1 - F_2 = F_{TRP.O}, \quad (2)$$

където  $F_1$  и  $F_2$  са сили на триене на повърхността на режещия елемент на ротационния нож.

$F_{TRP.O}$  - сила на триене в опората на оста на ножа, приведена към режещия ръб.

Предполагаме, че на нас са ни известни  $P_{X0}$ ,  $P_{Y0}$  и  $P_{Z0}$ . Тогава съставляващите сили на рязане в координатната система на детайла са равни:

$$\begin{aligned} P_X &= P_{Y0} \cos \omega \sin \psi_P + P_{Z0} \sin \omega - (F_1 - F_2) \cos \omega \cos \psi_P \\ P_Y &= P_{Y0} \cos \psi_P + (F_1 - F_2) \sin \psi_P \\ P_Z &= P_{Z0} \cos \omega - P_{Y0} \sin \psi_P \sin \omega + (F_1 - F_2) \cos \psi_P \sin \omega \end{aligned} \quad (3)$$

От анализа на зависимостите (3) стигаме до извода, че измерването на съставляващите

на силите на рязане с динамометър не ни дава възможност да определим силите действащи на повърхността на режещия елемент на ножа. При динамометричното измерване определяме разликата на силите ( $F_1 - F_2$ ), а не самите сили  $F_1$  и  $F_2$ .

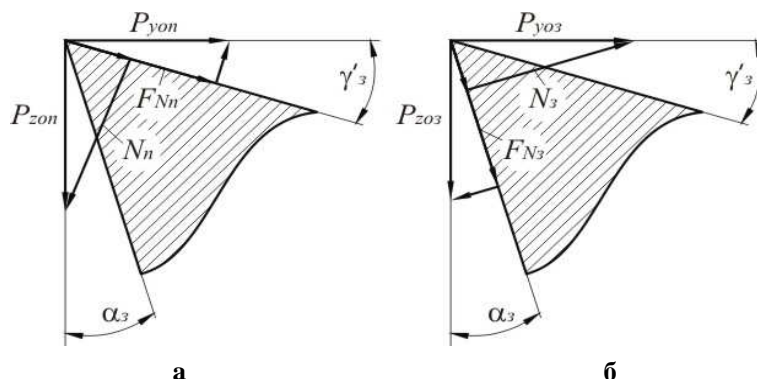
Разликата на силите  $F_1$  и  $F_2$  представлява приведената към режещия ръб сила на триене в опората на ротационния нож  $F_{TRP.O}$ . Големината на силата на триене в опората на ротационния нож не трябва да се отчита при определянето на средния коефициент на триене, което е правено от много изследователи. Сумарната стойност на силата ( $F_1 + F_2$ ) може да се определи, ако се върти ножа принудително със скорост  $V_p = V \sin \lambda_A$  или  $V_p = V \sin \lambda_B$ , където  $\lambda_A$  и  $\lambda_B$  са ъгли на наклона на режещия ръб в крайните точки на контакта със заготовката. Тогава е необходимо да се съблюдава условието  $P_{X0} = F_1 + F_2$ . Силите  $F_1$  и  $F_2$  могат още да се определят по косвен начин, приравнявайки ги към силата  $P_{XOH}$  на невъртящ се нож и решавайки системата уравнения:

$$\begin{cases} P_{XOH} = F_1 + F_2 \\ P_{X0} = F_1 - F_2 \end{cases} \quad (4)$$

където  $P_{XOH}$  е допирателна сила с направление надолу на режещият ръб за невъртяща се режеща пластина.

Системата (4) може да бъде използвана за определяне на силите  $F_1$  и  $F_2$  както за предната, така и за задната работна повърхнина на ножа.

За определяне на нормалните и допирателните сили на работните повърхнини на режещата пластина на ножа е приложена методика с използване на стоп-подаване, по която съставляващите сили на задната повърхнина са определени за един оборот на заготовката след включване на подаването (фиг.2), а след това са изчислени по зависимостите (1), (4) и формулата:



Фиг.2. Схема на действие на силите на предната (а) и задната (б) повърхнина на самовъртящ се ротационен нож

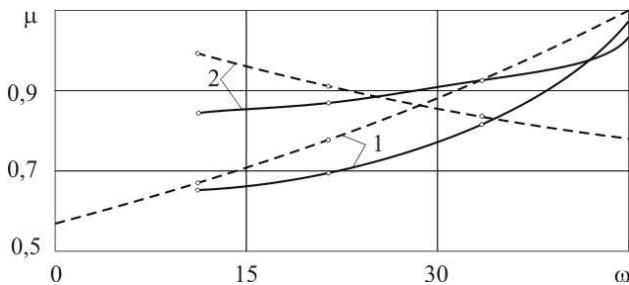
-за предната повърхнина:

$$\begin{aligned} N_{II} &= P_{ZOII} \cos \gamma'_3 - P_{YOII} \sin \gamma'_3; \\ F_{NII} &= P_{ZOII} \sin \gamma'_3 + P_{YOII} \cos \gamma'_3; \\ F_{TII} &= P_{XOII}; \\ F_{II} &= \sqrt{F_{NII}^2 + F_{TII}^2}; \\ f_{II} &= F_{II} / N_{II} \end{aligned} \quad (5)$$

-за задната повърхнина:

$$\begin{aligned} N_3 &= P_{ZO3} \cos \alpha_3 - P_{YO3} \sin \alpha_3; \\ F_{N3} &= P_{ZO3} \sin \alpha_3 + P_{YO3} \cos \alpha_3; \\ F_{T3} &= P_{XO3}; \\ F_3 &= \sqrt{F_{N3}^2 + F_{T3}^2}; \\ f_3 &= F_3 / N_3 \end{aligned} \quad (7)$$

От направените експериментални изследвания при струговане на детайли от стомана марка 45, скорост  $V=3,1 \text{ m/s}$ , дълбочина  $a_p=0,4 \text{ mm}$  и подаване  $f=0,4 \text{ mm/об.}$  е установено, че коефициентът на триене на предната повърхнина за ножове със самовъртяща се режеща пластина е  $5 \div 15 \%$  по-малък от този с невъртяща се пластина. Коефициентът на триене на задната повърхнина за ножове с невъртяща се режеща пластина при  $\omega > 28^\circ$  е по-малък от този със самовъртяща се режеща пластина (фиг.3).



**Фиг.3.** Зависимост на влиянието на ъгъла на установяване на самовъртящ се ротационен нож на средния коефициент на триене на предната (1) и задната (2) повърхнини;  
 ————— ротационен;  
 - - - - - невъртяща се режеща пластина

**Заклучение:** Така оптимизацията на процеса на рязане на ротационни ножове е необходимо да се извършва с отчитане на сумата на силите  $F_1$  и  $F_2$ , която превъзхожда два – три пъти измерваната с динамометър сила  $P_{X0}$ , равна на приведената към режещия ръб сила на триене в опората на ножа  $F_{mro}$  (табл. 1).

**Таблица 1.** Стойности на допирателните към режещият ръб сили на триене, действащи върху предната повърхнина на самовъртящ се ротационен нож ( $f=0,4 \text{ mm/об.}$ ;  $a_p=0,4 \text{ mm}$   $V=3,1 \text{ m/s}$ ; материал на заготовката - стомана 45)

$\omega^\circ$	11	22	33	44
$F_1, H$	17,8	64,2	120,8	122,7
$F_2, H$	9,5	31,3	26,5	35,6
$F_b, H$	27,3	95,5	147,3	158,3
$P_{x0}, H$	8,3	32,9	94,3	87,2

Отсъствието в реалния процес на сила  $F_2$  довежда до вибрации, нестабилност на процеса на рязане последвали от нарушенията на кинестатическото равновесие на въртене на режещия елемент на ножа. Това настъпва тогава, когато силата на триене в опорите на ножа превъзхожда силата на триене  $F_1$  и полюса  $P$  се намира вън от зоната  $AB$  на контакта на режещият ръб на инструмента със заготовката (фиг.1).

Следователно, както за предната, така и за задната повърхнина на ножа от гладна точка на намаляване на силата на триене е необходимо да се стремим към минимални установъчни ъгли  $\omega$  ( $\omega \leq 28^\circ$ )

#### ЛИТЕРАТУРА:

Вачев А. А. Рязане на материалите. Част 1 и Част 2. ТУ – Пловдив, 2000.  
 Шагуров Г. Ф. , В. Н. Подураев. Способ определения сил на задней поверхности резца и упругой деформации материала при его обработке. А.с. 1207632 СССР, МКИ В 23 В1/100. Бюл. 4, 1986.

## ROTARY CUTTING PROCESS MECHANISM

Lengerov, Marinchev

**Summary.** The rotary cutting edge lathe tools cutting process mechanism is dealt with in the paper. The dependency of self-rotation rotary cutting blade lathe work average friction coefficient upon the cutting angle impact is found to exist

**Key words:** rotary cutting, mechanism, process, lathe work