

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА ПРИ ОБРАБОТВАНЕ ВЪРХУ СТРУГОВИ МАШИНИ С ЦПУ

Калин Крумов

*Технически Университет – Габрово, катедра „Машиностроителна техника и технологии“
kalin_krasimirov_krumov@abv.bg*

PROCESSING EFFICIENCY RESEARCH ON CNC LATHES

Kalin Krumov

*Technical University of Gabrovo, department of Mechanical Engineering and Technology,
Bulgaria
kalin_krasimirov_krumov@abv.bg*

Abstract

A methodology for enhancement of the effectiveness of machining on numerically controlled lathes has been proposed. The methodology is based on determination of the cutting conditions. The volume of the cutting material per unit time has been used as a criterion for the productivity. The correlation between the manufacturing parameters has been read by the power equations of machining and the tool durability.

Keywords: effectiveness, machining on numerically controlled lathes, volume of the cutting material per unit time.

ВЪВЕДЕНИЕ

Един от показателите за ефективност на процеса на механично обработване чрез стружкоотнемане се явява производителността (количеството обработени детайли за единица време). Производителността на механичното обработване се оценява с дължината на пътя, преминал от режещия инструмент за единица време или от площта на обработваната повърхнина, обема на снетия при обработването материал, машинното време на операцията и др. Всички тези критерии са свързани по между си, а нивото им се определя от параметрите на режима на рязане (скорост на рязане V_c , подаване f и дълбочина на рязане a_p) на конкретната операция.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Основното (машинното) време при обстъргване се определя по израза:

$$T_{o(m)} = \frac{L_p}{V_f} \cdot p = \frac{L_p}{f \cdot n_c} \cdot \frac{Z}{a_p}, \text{ min} \quad (1)$$

където a_p – дълбочина на рязане, mm; L_p – дължината на един работен ход на инструмента, mm; V_f – подавателната скорост, mm/min ($V_f = f \cdot n_c$); n_c – честота на въртене на заготовката, min^{-1} ; p – брой на преходите (работните ходове – $p = Z/a_p$); Z – прибавката за обстъргване, mm.

Ако в зависимост (1) поставим израза за определяне на честотата на въртене

$$n_c = \frac{10^3 V_c}{\pi \cdot D}, \text{ min}^{-1}$$

където D , mm – диаметър на заготовката, ще получим

$$T_{o(m)} = \frac{L_p \cdot \pi \cdot D}{10^3 \cdot V_c \cdot f} \cdot \frac{Z}{a_p}, \text{ min} \quad (2)$$

Числителят във формула (2) може да се разглежда като пълният обем на прибавката за механично обработване, а знаменателят, като обема стружки, снеман за минута. За намаляване на машинното време $T_{o(m)}$ е необходимо да се увеличи, който и да е параметър от режима на рязане, стоящ в знаменателя на (2). От теорията на рязането е известно, че тези параметри са свързани по между си чрез математическите зависимости за: мощност на рязане – P_p и трайност на инструмента – T .

$$\left\{ \begin{aligned} P_p &= \frac{F_z \cdot V_c}{60 \cdot 10^3} \\ V_c &= \frac{C_v \cdot k_v}{T^{m_v} \cdot a_p^{x_v} \cdot f^{y_v}} \\ F_z &= C_F \cdot a_p^{x_F} \cdot f^{y_F} \cdot V_c^{m_F} \end{aligned} \right. , \quad (3)$$

където P_p – мощност на рязане, kW; T – период на трайност на инструмента, min; F_z – тангенциална съставляваща на силата на рязане, N; m_v , m_F , x_v , x_F , y_v , y_F – степенни показатели; C_v , C_F – константи; k_v – коефициент.

От анализа на система (3) следва, че за да се осигури зададения период на трайност на инструмента (T) и мощността на рязане (P_p) при изменение на един от параметрите на режима на рязане е необходимо да се изменят другите два. Това трябва да се отчита при избора на рационални параметри на режима на рязане по критерия производителност. Много автори не отчитат тази връзка между V_c , f и a_p в системата (3). Например в [1-3], критерият производителност е свързан с периода на трайност на инструмента, като един от факторите, влияещи на производителността на процеса рязане.

$$T_{P_{max}} = \frac{(1-m)\tau_{cm}}{m}, \quad (4)$$

където $T_{P_{max}}$ – трайността, осигуряваща най-голяма производителност, τ_{cm} – времето за смяна на инструмента; m – относителен показател на трайността (за инструменти с твърдосплавни пластини $m = 0,2$).

Ясно е, че за да се определи период на трайност на инструмента в съответствие с (4) при предварително избрани a_p и f , трябва

ва да получим скорост на рязане V_c , осигуряваща най-голяма производителност на механичното обработване.

Авторите в [2] предлагат подход, препоръчвайки снижаване на периода на трайност до $15 \div 25$ min и увеличаване за сметка на това V_c , като увеличените загуби от време за смяна и настройване на инструмента, да се компенсират за сметка на автоматичната смяна на режещия инструмент.

Методиките в [1-3] притежават недостатъците:

- критерият трайност не отчита мощността на главното движение на конкретната машина, която осигурява определена производителност при обработването;
- предложенията за промяна само на скоростта на рязане V_c , не отчита връзката \dot{c} и a_p ;
- отсъства връзка с критерия „производителност при рязане“.

Традиционната таблична методика за определяне на параметрите на режима на рязане от справочници [4], също не гарантира максимална производителност на обработването, тъй като има своите недостатъци:

- подбраната първоначално максимално възможна a_p за снемане на Z за един работен ход на инструмента, нарушава връзката между a_p , f и V_c , изразена в (3);
- намаляването на V_c , когато мощността на рязане превишава мощността на главния превод на машината, става без корекции на a_p и f по системата (3);
- отсъства методика за определяне на режима на рязане, осигуряващ максимална производителност.

В разработката в качеството на критерия „производителност на рязане“ (при обстъргване) е прието производението $P_p = V_c \cdot f \cdot a_p$ (cm³/min), като е отчетена връзката между параметрите на режима на рязане в съответствие с (3). Чрез даденото произведение могат да бъдат изразени и другите критерии за производителност (например анализирайки формула (2) е правилно да се смята, че за увеличаване производителността на рязане е необходимо да се увеличава производението $V_c \cdot f \cdot a_p$).

Проведените експериментални изследвания (в широк диапазон на изменение на f и

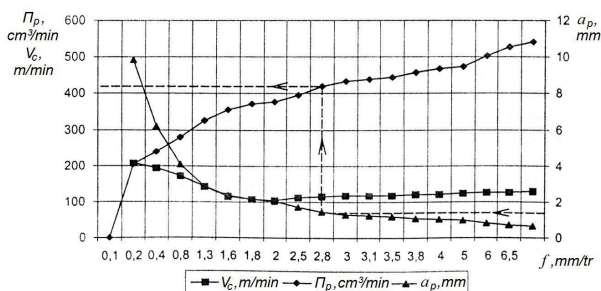
a_p) показаха една закономерност при изменение на степенните показатели на f и a_p в системата (3), като изследванията се провеждаха в областта на „правата“ и „обратната“ стружка (рязането в областта на „обратната“ стружка възниква, когато функцията на главният режещ ръб по изпълнението на основната работа, свързана със снемането на стружката се осигурява от спомагателния режещ ръб на инструмента – в този случай $f > a_p$).

За стомана с твърдост HB = 200 във формулата за определяне скоростта на рязане в системата (3), показателите са: за „обратна“ стружка при $f/a_p > 1 \rightarrow x_v = 0,3$ и $y_v = 0,15$; в областта на „правата“ стружка при $f/a_p < 1 \rightarrow x_v = 0,15$ и $y_v = 0,3$, а при $f/a_p = 1 \rightarrow x_v = 0,3$ и $y_v = 0,3$.

Табл. 1. Производителност и режими на рязане по критерия „трайност при максимална производителност“

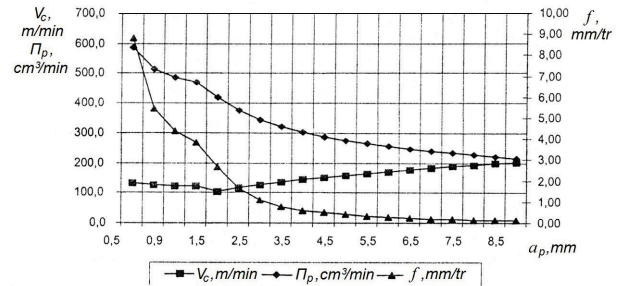
$T_{изч.}$ min	$P_p,$ cm ³ /min	$V_c,$ m/min	$P_p,$ kw	$a_p,$ mm
20	148.9	248.2	3.1	0.5
20	218.1	181.7	4.7	1
20	291.4	161.9	6.4	1.5
22.8	362.6	151.1	8	2
58.1	351.1	121.9	8	2.4
182.5	337.5	93.8	8	3
271.5	321.5	91.9	8	3.5
538.7	314	78.5	8	4
986.1	307.6	68.3	8	4.5

От решението на системата (3) следва, че при зададена мощност на рязане и период на трайност на инструмента, максималната производителност P_p се достига при максимално подаване (фиг. 1), като при това a_p и V_c числено могат да се изменят, до колкото са свързани с f от системата (3), но при условие, че P_p и T не се променят.



Фиг. 1. Зависимост на V_c , P_p и a_p от f ($T = 20$ min)

От системата (3) следва, че с увеличаване на a_p , производителността на рязане – пада (фиг. 2) и следователно, при определяне (задаване) на режими на рязане не трябва да се стремим към задаването на максимално възможна a_p .

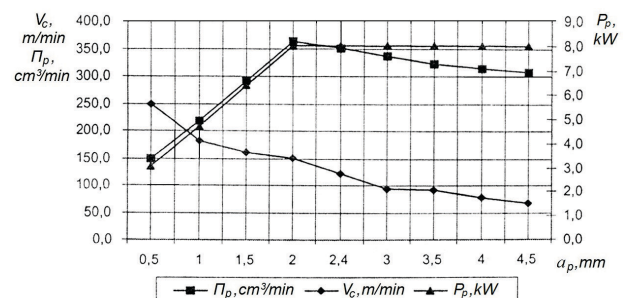


Фиг. 2. Зависимост на V_c , P_p и f от a_p ($T = 20$ min)

За пример сравняваме режимите на рязане при обстъргване на заготовки от С45, получени чрез решаване на системата (3) и по справочни таблици по традиционната методика [4].

В двата случая трайността на инструмента е приета за 20 min в съответствие с препоръките в [2], мощността на рязане допускана от машината е $P_p = 8$ kW.

По данните от изчисленията са построени графики (фиг. 1 и фиг. 2). До колкото първата методика предлага максимално увеличаване на f , а втората – на a_p , то на фиг. 1 са показани зависимости на основните параметри при увеличение на f , а на фиг. 2 при увеличение на a_p .



Фиг. 3. Зависимост на P_p , V_c и P_p от a_p (по методиката от [4])

В табл. 1 са нанесени изчислените значения на параметрите на режима на рязане, определени по традиционната методика с корекцията им по P_p [4], като в графа $T_{изч}$ са дадени значенията на фактичката трайност на инструмента при изчислени след

корекцията на режима при мощност на рязане, превишаваща мощността, допускана от машината (в последните случаи, както отбелязахме, сме намалявали скоростта на рязане и съответно увеличавали периода на трайност на режещия инструмент).

От табл. 1 и фиг. 3 се вижда, че по традиционната методика с използването на критерия „трайност при максимална производителност” при $a_p = 1,5$ mm се осигурява производителност на обработването $291,4$ cm³/min. В същото време, режимът на рязане, получен от решението на системата (3), при $a_p = 1,5$ mm осигурява производителност 420 cm³/min, като при същата трайност на инструмента може да се достигне и по-висока производителност (фиг. 1).

Анализирайки получените резултати може да се констатира следното:

- производителността на обработването, изчислена на основата на решението на система (3), расте с увеличаване на подаването, като при това V_c при увеличение на f (фиг. 1), отначало намалява, а след това постепенно расте (това става в момента, когато процеса на рязане преминава в зона „обратна” стружка и влиянието на f върху V_c намалява – затова при обстъргване в областта на „обратната” стружка, ефектът от увеличаване на f е по-значим, от колкото в областта на „правата” стружка);

- при назначаването на режимите на рязане по традиционната методика [4], при увеличаване на дълбочината на рязане до $a_p = 2$ mm, P_p от начало нараства, а след това намалява (фиг. 3) (това е свързано със ситуацията, че при $a_p > 2$ mm, мощността на рязане превишава мощността допустима от машината), след корекция на режима по мощност, скоростта на рязане намалява, което води до намаляване на производителността.

Отчитайки резултатите от изследванията е предложена методика за избор на режими на рязане, основана на отчитане на връзката между параметрите на режима на рязане с техническите възможности на машината и режещия инструмент, изразени със системата (3). По нея от начало се задава максимално възможното подаване f , след решение на системата (3) се определя скоростта V_c и дълбочината на рязане a_p . Броят на ра-

ботните ходове на инструмента p се определя, като цяла част (int) от израза:

$$p = \text{int} \left(\frac{Z}{a_p} \right) + 1. \quad (5)$$

Ако се базираме на особеностите при нормиране на програмни операции в [5], то можем да определим времето за обработване на един детайл.

Направено е сравнение на предложените режими на рязане по разработената и традиционната методика за обстъргване на заготовки от С45 с диаметър $\varnothing 100$ mm до $\varnothing 80$ mm при мощност на главния превод на машината 10 kW. В първия случай $t_{ed} = 0,31$ min, а във втория $t_{ed} = 0,54$ min. Вижда се, че при определяне на режимите на рязане по предложената методика производителността на процеса се увеличава с 74%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- При определяне на параметри на режима на рязане, изхождайки от критерия „трайност при максимална производителност”, при наличие на ограничение по мощността на рязане, повишаването на производителността на обработването с увеличаването на дълбочината на рязане е възможно само при малки дълбочини (при средни и големи дълбочини на рязане, след корекция на режимите, производителността намалява);

- В разработената методика за определяне на режимите на рязане в качеството на критерия „производителност на обработването” е използван обема на снемания материал за единица време, като едновременно с това, връзката между a_p , f и V_c е отчетена чрез мощността на рязане и трайността на инструмента – това позволява увеличаване на производителността до 74%;

- За стругови машини с ЦПУ, многопроходното обработване при снемане на грубата прибавка е по-ефективно от еднопроходното – максимална производителност на рязане се достига при максимално подаване на инструмента.

REFERENCE

- [1] Yashtericin P.I. i dr. Teoria rezanya tehnologicheskikh sistemah. Izd. Vishaiishaya Shkola, 1990, 512 s.
- [2] Gjurov R.I., Srebrenickii P.P. Programmirovani obrabotki na stankah s CHPU, spravochnik, L., Mashinostroenie, 1990, 591 s.
- [3] Sharin YU.S. Tehnologicheskoe obespechenie stankov s CHPU. M. Mashinostroenie, 1986, 176 s.
- [4] Spravochnik tehnologa-mashinostroitelya. Tom 1 (Pod red. A.G. Kosilovoy i R.E. Meshteryakova. 4 izdanie preraboteno i dopulneno. M., Mashinostroenie, 1985, 656 s.
- [5] Kuzmanov T. i dr. Tehnologicheski procesi za metalorejeshti mashini s CPU. "EKS-PRES", P. 2007, 188 s.