

Възможности за повишаване на производителността при комбинирано обработване на отвори чрез рязане и повърхностно пластично деформиране

Павел Петров, Михаил Кършаков

Opportunities for increasing productivity in combination machining of holes by cutting and surface plastic deformation: The article provides an analysis of options for reducing processing time of holes with great length and high quality requirements of their surfaces. Restrictive conditions are derived for the geometry of the cutting edge tools combined through cutting and surface plastic deformation (SPD), which allow the realization of a large feed.

Key words: Combined treatment, Roughness, Feeding, Adjusting angles.

ВЪВЕДЕНИЕ

Формирането на обработените повърхнини чрез рязане и повърхностно пластично деформиране (ППД) се осъществява по една и съща кинематична схема. И при двата процеса върху метала се упражнява въздействие, свързано с влагане на определено количество енергия в зоната на обработване, т.е. извършване на определен обем работа (откъсване на част от метала във вид на стружка при рязането и пластично деформиране в границите на петното на контакта при ППД). Големината на извършваната работа зависи от интензивността на обработването, която пък се определя от съответните елементи на режима. И при двата процеса, в най-общия случай, те включват: дълбочина на рязане (стегнатост при ППД), подаване и скорост на рязане (обработване). И докато дълбочината (стегнатостта) при обработването се определят предимно от технологични съображения за точност и качество на обработените повърхнини, то изборът на подаването и скоростта на рязане (обработване) се извършва предимно от технико-икономически съображения за производителност и трайност на инструментите.

Производителността на обработването е в пряка зависимост от скоростта на формообразуване, която се определя чрез големината на площта от повърхнината на заготовката обработена за единица време.

Съкращаването на времето за формообразуване чрез увеличаване на дължината на образуващата при рязането може да се реализира чрез режещи елементи, снабдени с твърдосплавни пластини с малки установъчни ъгли или с криволинеен режещ ръб с голям радиус на кривината [2].

При ППД, дължината на образуващата съвпада с дължината на петното на контакта и като правило превишава тази при режещите елементи. Като деформиращи елементи се използват сфери и ролки без или с материална ос на въртене. Най-широко приложение намират стандартните конусни ролки, които създават капковидно петно на контакт и осигуряват (в зависимост от изходната грапавост на обработваната повърхнина и силата на деформиране) в направление на подаването дължина на образуващата, обикновено до $8 \div 10$ mm [1].

Върху времето за формообразуване влияние оказват дължината на образуващата на режещите и деформиращите елементи и минутното подаване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Съкращаването на времето за формообразуване чрез увеличаване на минутното подаване f_m е най-често прилагания метод за увеличаване производителността на обработването. Неговата големина за струговане и ППД може да се определи по формулата [4]

$$f_m = f_{p(d)} \cdot Z_{p(d)} \cdot n_{заг}, \quad (1)$$

където $f_{p(d)}$ е подаване на един режещ (деформиращ) елемент, mm/rev;

$Z_{p(d)}$ - брой на режещите (деформиращите) елементи;

$n_{заг}$ - честота на въртене на заготовката, min⁻¹.

Големината на подаване при рязането се ограничава обикновено от якостни съображения и от условия за получаване на подходяща грапавост като изходна за ППД.

Възможностите за увеличаване на минутното подаване при ППД са многократно по-големи, поради по-голямата дължина на образуващата на деформиращите им елементи и поради сравнително лесното увеличаване на броя им.

Съкращаването на времето за формообразуване чрез увеличаване на скоростта на рязане зависи от геометрията и материала, от които са изработени режещите елементи. Те налагат ограничения относно нарастването на скоростта на рязане от съображения за икономична трайност. Използването на повече от един режещ елемент не увеличава съществено възможността за рязане с големи скорости, тъй като това води само до намаляване на подаването на един режещ елемент S_z , което влияе незначително върху зависимостта скорост - трайност.

Деформиращите елементи имат многократно по-голяма трайност от режещите и практически не ограничават нарастването на скоростта на обработване. При това изменението ѝ в широки граници не влияе съществено върху качеството на обработените чрез ППД повърхнини.

Възможностите за намаляване продължителността на обработването на дълбоки отвори с високи изисквания за качество на повърхнините им се разкриват в две направления:

- съкращаване броя и продължителността на операциите (преходите) чрез комбиниране на прилагането им;

- съкращаване времето за реализиране на комбинираното обработване.

Работата по второто направление е свързана с осигуряването на възможност за увеличаване скоростта на подавателното движение на инструмента, реализиращ комбинираното обработване. Развитието ѝ налага преодоляването на проблеми при избора на геометричните параметри на режещите и деформиращите елементи, а така също и съгласуването им по начин, който позволява максимално използване на възможностите на два принципно отличаващи се метода на обработване. Обединяващи условия са еднаквата стругова схема на работа и еднаквите скорости на главното и на подавателното движения, при които протичат двата процеса. С нарастване на двете скорости продължителността на обработването намалява, но възможностите за това се ограничават от отражението му върху инструмента и обработената повърхнина.

Нарастването на скоростта на подавателното движение на инструмента за комбинирано обработване чрез увеличаване на подаването ($f, \text{mm/rev}$) се ограничава от грапавостта на обработената повърхнина като се отразява и върху формата и размерите на получаващите се стружки (нараства масата им на единица дължина) по начин, който затруднява или прави невъзможно транспортирането им чрез охлаждащ флуид. Последното е важно условие за нормално протичане на комбинираното обработване.

Преодоляването на второто ограничение е свързано главно с избора на подходяща геометрия на режещите елементи по отношение на установъчните ъгли. С намаляване на главния установъчен ъгъл K_r намалява дебелината и се увеличава широчината на стружките, което благоприятства увеличаването им от мажещо-охлаждащата течност (МОТ) и отстраняване от зоната на рязане веднага след отделянето. С намаляване на спомагателния установъчен ъгъл K'_r намалява височината на неизрязаните участъци по обработената повърхнина, т.е. геометричната грапавост, формирана като следа с формата на режещата част.

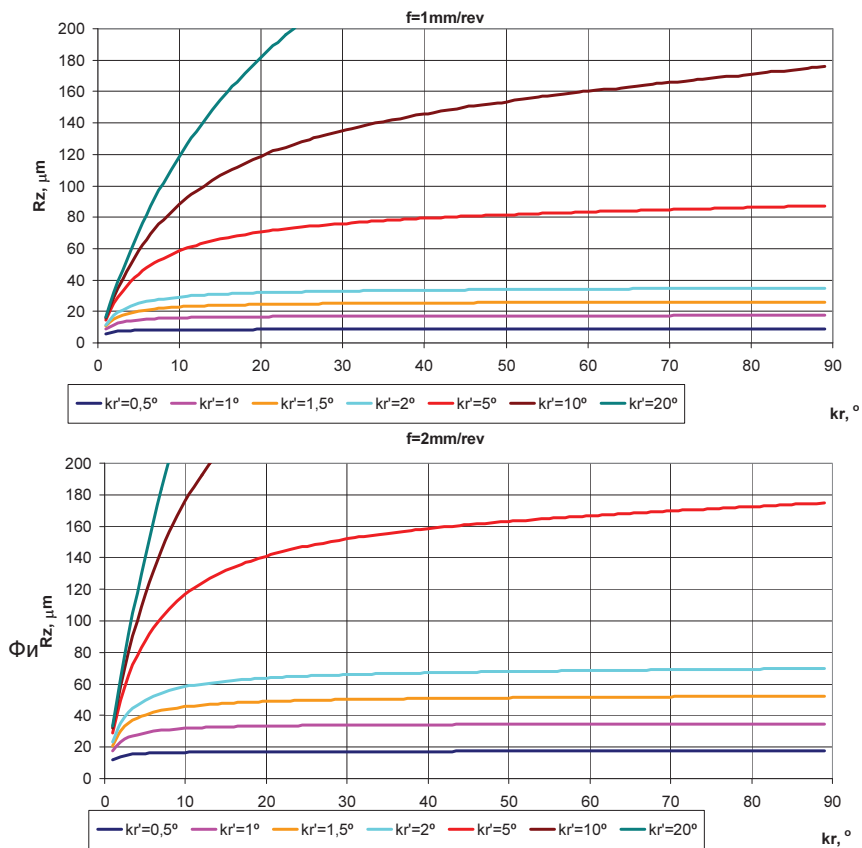
Стойностите на височинните параметри на подходящата действителна грапавост, определени чрез предварителни изследвания са $R_z=20+40\mu\text{m}$ и $R_A=(5+10\mu\text{m})$.

Известно е, че действителната грапавост се формира като следа от движението на режещата част (копира формата ѝ), изкривена в различна степен в резултат от пластичните деформации, съпровождащи стружкоотделянето, т.е. действителната грапавост надвишава геометричната. По тази причина е необходимо избирането на условия, при които последната да бъде със стойности на височинните параметри, по-малки от посочените по-горе за изходна (преди ППД) грапавост.

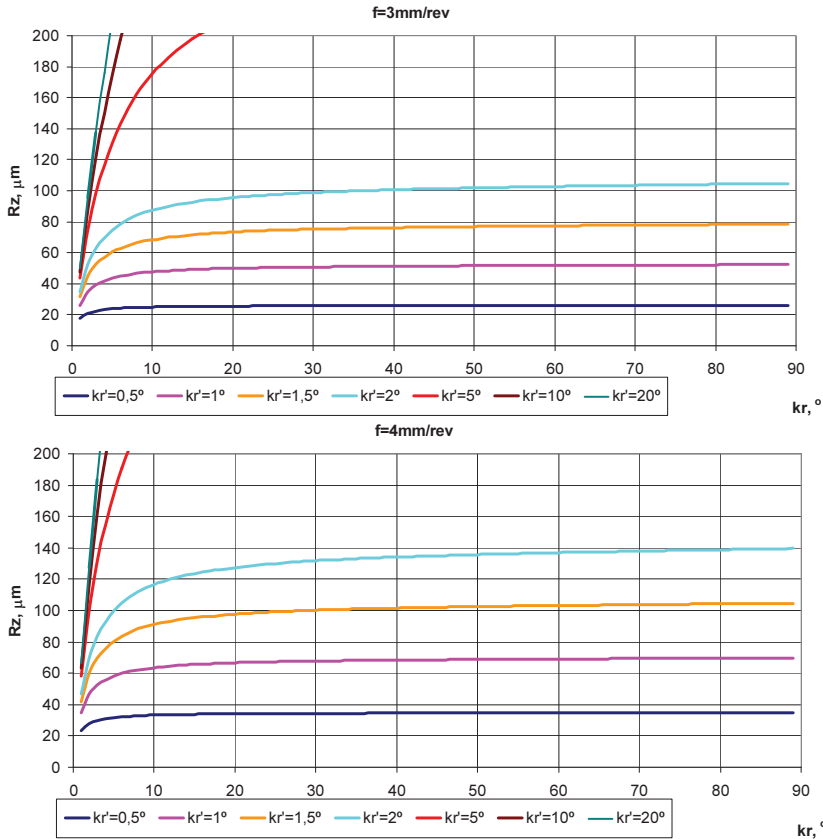
Зависимостта за определяне на геометричната грапавост при прави режещи ръбове без закръгление между тях има вида [3]:

$$R_z = f \cdot \frac{\text{tg}\kappa_r \cdot \text{tg}\kappa'_r}{\text{tg}\kappa_r + \text{tg}\kappa'_r} \quad (2)$$

Зависимост (2) е представена графично на фиг.1 фиг.2.



Фиг.1 Зависимост на геометричната грапавост от установъчните ъгли κ_r , κ'_r при подаване $f = 1\text{mm/rev}$ и $f = 2\text{mm/rev}$.



Фиг.2 Зависимост на геометричната грапавост от установъчните ъгли K_r , K'_r при подаване $f = 3\text{mm/rev}$ и $f = 4\text{mm/rev}$

Използваните подавания са от два до осем пъти по-големи от обичайните при класическо разстъргване. Очевидно е, че с увеличаване на подаването геометричната грапавост нараства при всякакви стойности на установъчни ъгли.

Интерес представлява влиянието на главния установъчен ъгъл K_r , което е особено отчетливо при $K_r < 10^\circ$. Намалването му под тази стойност се отразява благоприятно върху грапавостта, което е по-силно изразено при по-големи стойности на спомагателния установъчен ъгъл K'_r . Големината на последния има решаващо значение за формирането на грапавини с малка височина. Стойността му не трябва да надвишава 10° за да се спази посоченото по-горе ограничение $R_z = (20 \div 40 \mu\text{m})$ за целия диапазон на изменение на подаването.

Установеният характер на зависимостта на геометричната грапавост от установъчните ъгли дава основание да се очаква, че подходяща за следващо ППД грапавост (в диапазона от избрани подавания) може да се формира ако режещите пластини имат установъчни ъгли $K_r < 10^\circ$ и $K_r \leq 1^\circ$, което е необходимо да се изследва опитно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Възможностите за съкращаване продължителността на комбинираното обработване на дълбоки отвори се ограничават от режещата част на комбинирания инструмент, тъй като тя е значително по - чувствителна към нарастване скоростта на подавателното движение от деформиращата.

2. Производителността на комбинираното обработване може да се увеличи главно чрез увеличаване на подаването при струговане, тъй като увеличаването ѝ чрез нарастване на скоростта на рязане се ограничава от трайността на режещите елементи.

3. Постигането на подходяща грапавост от разстъргването с подвижен двуножов блок при голямо подаване, достигащо до 4 mm/rev, налага изискването да се работи с малки установъчни ъгли, при което решаваща е големината на спомагателния установъчен ъгъл, стойността на който не бива да надвишава 1° . В този негов диапазон е от значение и големината на главния установъчен ъгъл, с чието намаляване намалява както грапавостта, така и дебелината на стружката, което я прави удобна за транспортиране извън зоната на рязане чрез охлаждащия флуид.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Витлиемов, В.Д. Довършващо обработване чрез ротационно деформиране. Техника, София, 1971.

[2] Георгиева Н.А. Обработване на хидравлични цилиндри чрез комбинирани инструменти. Дисертация, София, 2009.

[3] Исаев А.И. Процес образования повърхностного слоя при обработке металлов резанием. М., Машгиз, 1950.

[4] Кършаков, М.К. Теоретико – експериментално разработване основите на комбинираното обработване на дълбоки отвори чрез рязане и повърхностно пластично деформиране. Хабилит. труд, Русе, 2009.

За контакти:

ас. Павел Петров, Катедра “Техническа механика”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 474. e-mail: ppetrov@uni-ruse.bg

проф. д-р инж. Михаил Кършаков, Катедра “ТММРМ”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 309. e-mail: mkarshakov@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.