

Относно коравината на подвижен двуножов блок с осово разместени режещи пластини

Павел Петров, Веселин Григоров, Михаил Кършаков

Abstract: *The floating blocks with two cutting tools having cutting inserts placed opposite to one another are used when turning inner and outer long cylindrical surfaces. The article presents a theoretical research of the influence of the axial displacement of the cutting inserts and the stability of the floating block on precision of machining with variation of the depth of insertion. Obtained are dependencies for quantitative assessment of this influence as well as conditions for reducing it.*

Keywords: *floating block with two cutting tools, cutting inserts, axial displacement, depth of insertion, stability, deformations*

ВЪВЕДЕНИЕ

Подвижният двуножов блок (ПДБ) със срещуположно разположени режещи пластини се използва за струговане на външни и вътрешни цилиндрични повърхнини с голяма дължина и сравнително високи изисквания за точност на размерите и формата им [4,5]. Тези изисквания се постигат в резултат от изключване влиянието на стабилността на елементите на технологичната система (машина, приспособление, заготовка) и ограничаването му до това на режещия инструмент. Стабилността на инструмента се определя от коравината на тялото на блока в което обикновено се поместват две режещи пластини, разположени на 180° , която се изразява в способността му да се съпротивлява срещу еластични деформации под действие на радиалните сили на рязане.

Тъй като диаметърът на обработената повърхнина се формира в общото направление на действието им, колкото по-голяма е коравината на блока, толкова по-висока е точността на обработването, изразяваща се в разсейване на размера като резултат от колебанието на прибавката, респективно силите на рязане. Това означава също по-малка разлика между размера на статичното настройване (разстоянието между върховете на режещите пластини) и размера на динамичното настройване (същото разстояние по време на работа), формиран като резултат от еластична деформация на тялото на блока. При това положението му спрямо оста на въртене се определя в резултат от постоянния стремеж към динамично равновесие на радиалните сили на рязане, в направление на които е осигурена неговата подвижност.

Ако освен наличието на голяма коравина на блока е изпълнено и условието едноименните точки от главните режещи ръбове на пластините да лежат в равнини, перпендикулярни на оста на въртене, диаметралният размер на обработената повърхнина ще бъде близък до размера на статичното настройване и разсейването му ще е равно на това на размера на динамичното настройване. Неизпълнението на това условие, т.е. наличие на осово разместване на режещите пластини, води до получаването на диаметрален размер, който при външни повърхнини е по-малък, а при вътрешни – по-голям от размера на статичното настройване на ПДБ. Установено е, че разликата между тях нараства до определена стойност на осовото разместване, наречена гранична, след което остава неизменна [1,3,5].

Доказаният ефект се отразява благоприятно върху реализиране на работния цикъл в частта му връщане на инструмента в изходно положение след завършване на прехода. Наличието на горната разлика не позволява получаването на драскотини по обработената повърхнина. При това надеждността на постигането е толкова по-висока, колкото по-голямо е осовото разместване, което е съществена причина да се работи при осово разместване на режещите пластини, равно или по-голямо от граничното.

ИЗЛОЖЕНИЕ

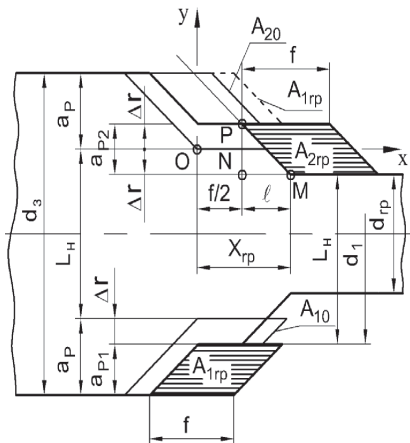
За да се игнорира напълно влиянието на еластичните деформации на елементите на технологичната система изследването се извършва при обработване на външна цилиндрична повърхнина, при което заготовката е от плътен материал и влиянието на нейните деформации върху размера на динамичното настройване могат да се пренебрегнат. Освен това е необходимо да се въведат следните предпоставки:

- при отсъствие на осово разместване на режещите пластини равнината, съдържаща върховете им е перпендикулярна на оста на въртене, а осите на симетрия на блока и заготовката съвпадат с последната;
- спомагателните установъчни ъгли κ_r са нула градуса, а главните установъчни ъгли κ_r са равни;
- отклоненията на формата на повърхнината на заготовката са незначителни;
- силите на триене в направляващите на блока се пренебрегват;
- главното въртеливо движение се извършва от заготовката, а подавателното - от инструмента със скорост f , mm/rev;
- тялото на блока е недеформируемо.

На фиг.1 е показано схематично обработването на вал с осово размествани режещи пластини, от които долната е изпреварваща, а нейната площ на сечението на срязвания слой е заштрихована и означена с $A_{1гр}$, респективно, на изоставащата - $A_{2гр}$ [2]. От условието за равновесие на радиалните сили на рязане двете площи са равни една на друга, а в следствие от осовото им разместване $X_{гр}$ е налице равенство и на технологичните им размери – дълбочина на рязане $a_{p1}=a_{p2}$ и подаване f . Големината на граничното осово разместване се определя чрез зависимостта

$$X_{гр} = \frac{f}{2} + \frac{d_3 - L_H}{3tg\chi_r}, \tag{1}$$

където d_3 е диаметър на повърхнината на заготовката;



Фиг.1. Схема на стругане с ПДБ с осово размествани режещи пластини

L_H – размер на статичното настройване на ПДБ, който в общия случай е разстоянието между траекториите на върховете на режещите пластини (на втората е означен с M) в направление на подавателното движение.

Увеличаването на осовото разместване над стойността, получена по (1) не променя формата и размерите на шрихованите сечения.

Останалите означения на фиг.1 имат следния смисъл:

A_{10} и A_{20} – площи на сеченията на срязваните, съответно от първата и втората пластини, слоеве при отсъствие на осово разместване между тях;

a_p – дълбочини на рязане при горното условие;

Δ_r – радиално преместване на блока в резултат от осовото разместване на пластините от условието за равновесие на радиалните сили на рязане;

$d_{гр}$ – получаваният, в резултат от граничното осово разместване, диаметър на

обработената повърхнина.

От анализа на фигурата и изложените предпоставки може да се установи, че при нулево осово разместване ще се формира диаметър на обработената повърхнина, равен на размера на статичното настройване, а двете пластини ще работят при еднакви дълбочини на рязане

$$a_p = \frac{d_3 - L_n}{2} \quad (2)$$

При осово разместване X_{rp} еднаквите дълбочини на рязане са

$$a_{p1} = a_{p2} = \frac{d_3 - L_n}{3}, \quad (3)$$

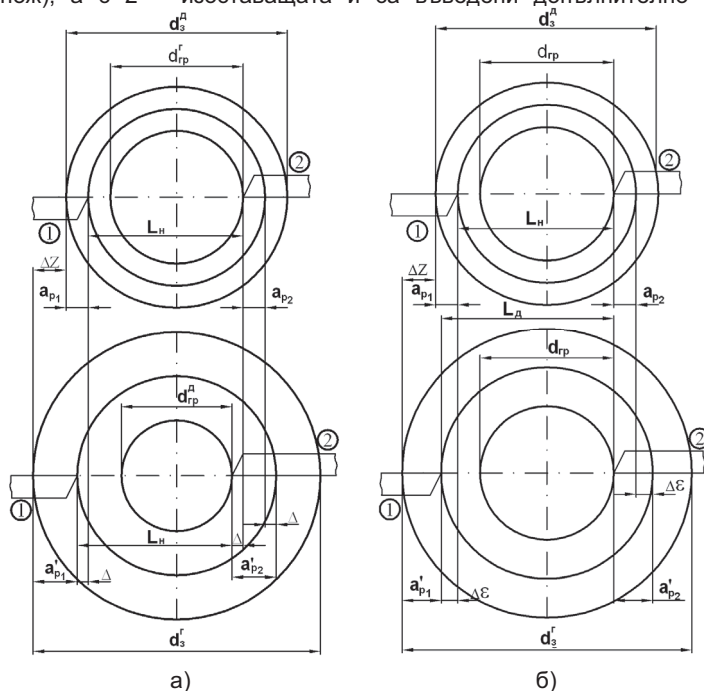
а диаметърът на обработената повърхнина е

$$d_{zp} = L_n - \frac{d_3 - L_n}{3} = \frac{4L_n - d_3}{3} \quad (4)$$

Радиалното преместване на ПДБ е в посока към първата пластина и в случая то получава максималната си стойност, определима чрез зависимостта

$$\Delta r = \frac{d_3 - L_n}{6} \quad (5)$$

При тези условия и начин на работа на ПДБ е необходимо да се установи как колебанието на прибавката за обработване ΔZ се отразява върху диаметъра на обработената повърхнина. За тази цел схемата на рязане на фиг.1 е разгледана в напречно сечение и е представена на фиг.2, където с 1 е означена изпреварващата пластина, а с 2 – изоставащата и са въведени допълнително следните означения:



Фиг.2. Влияние на колебанията на прибавката върху диаметъра на обработената повърхнина: а) - при недеформируем блок; б) – при деформируем блок

a_{p1}, a_{p2} - дълбочини на рязане при долен граничен размер на заготовката;

a'_{p1}, a'_{p2} - дълбочини на рязане при горен граничен размер на заготовката.

На фиг.2а за изходен е приет случаят на обработване на заготовка с размер d_3^0 . Тъй като и в двата случая размерът на статичното настройване е еднакъв и трябва да е изпълнено условие (3), то при обработването на заготовка с размер $d_3^c = d_3^0 + 2\Delta Z$ ПДБ се самоустановява, извършвайки допълнително радиално преместване Δ в посока към нож 1. За определянето на Δ е удобно да се използват полаганията:

$$\begin{aligned} a_{p1} &= a_{p2} = a_p, \\ a'_{p1} &= a'_{p2} = a'_p, \end{aligned} \quad (6)$$

при което, съгласно фиг.2а, е в сила равенството

$$a_p + \Delta Z - \Delta = a_p + 2\Delta \quad (7)$$

$$\text{и след преобразуване } \Delta = \frac{\Delta Z}{3} \quad (8)$$

От технологична гледна точка

$$\Delta Z = \frac{d_3^c - d_3^0}{2} = \frac{T_3}{2} \quad (9)$$

$$\text{След заместване на (9) в (8) } \Delta = \frac{T_3}{6}, \quad (10)$$

където T_3 е допускът на диаметъра на заготовката.

Допускът на диаметъра на обработената повърхнина е

$$T_{\text{доп}} = d_{\text{сп}}^c - d_{\text{сп}}^0, \quad (11)$$

където $d_{\text{сп}}^0 = d_{\text{сп}}^c - 2\Delta$ и след заместване с (10) и в (11)

$$T_{\text{доп}} = \frac{T_3}{3} \quad (12)$$

Ако отпадне предпоставката за недеформируемост на тялото на ПДБ минималната и максималната прибавки ще предизвикват съответно малка ε_m и голяма ε_c деформации на тялото на блока, които ще увеличават размера на статичното настройване L_n . При това, съгласно формула (4), граничните размери на обработената повърхнина са:

$$d_{\text{сп}}^c = \frac{4(L_n + \varepsilon_m) - d_3^0}{3}, \quad (13)$$

$$d_{zp}^{\partial} = \frac{4(L_n + \varepsilon_z) - d_3^c}{3}, \quad (14)$$

а след заместване на (13) и (14) в (11) и преобразуване се получава

$$T_{dzp} = \frac{T_3}{3} - \frac{4}{3}(\varepsilon_z - \varepsilon_m) \quad (15)$$

Очевидно е съществуването на теоретичната възможност $T_{dzp} = 0$, ако нарастването на еластичната деформация при преминаване от минимална към максимална прибавка отговаря на условието

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_z - \varepsilon_m = \frac{T_3}{4} = \frac{\Delta Z}{2} \quad (16)$$

Този случай е илюстриран графично на фиг.2б, която е с аналогични на фиг.2а означения и изходни размери на заготовката.

При построяване на взаимното разположение на режещите пластини (ножове) 1 и 2 и заготовката в резултат от нарастване на прибавката с ΔZ е отчетено обстоятелството, че предизвиканото от това нарастване радиално преместване Δ на ПДБ (фиг.2а) се компенсира от съпътстващата го еластична деформация $\Delta\varepsilon$, удовлетворяваща условието (16), при което вторият (размернообразуващ) нож запазва радиалното си положение спрямо оста на обработената повърхнина, т.е. диаметърът ѝ d_{zp} не се променя. При това между ножовете се формира размер на динамичното настройване L_0 и са изпълнени условията (6) за равенство на дълбочините на рязане.

От анализа на фигурата може да се състави равенството

$$a_{p1} + \Delta Z - \Delta\varepsilon = a_{p2} + \Delta\varepsilon, \quad (17)$$

от където, след преобразуване, се получава зависимост (16).
От това следва, че са в сила съответните неравенства

$$0 \leq \Delta\varepsilon \leq \frac{T_3}{4}$$

$$\frac{T_3}{3} \geq T_{dzp} \geq 0 \quad (18)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат от изследването могат да се направят следните изводи:

1. Използването на ПДБ при обработване на външни повърхнини с осово разместване на режещите пластини (ножове), равно или по-голямо от граничното, води до намаляване на натоварването им, тъй като, съгласно зависимости (2), (3) и (4) се постига по-висока ефективност на струговането, изразяващо се в отнемането на по-голяма прибавка при по-малки дълбочини на рязане.

2. Установено е, че при ПДБ с посоченото осово разместване на пластини, противно на известното схващане, повишаването на коравината на тялото на блока води до намаляване на точностните му възможности, които, при достигане на недеформируемост, се свеждат до трикратно намаляване полето на разсейване на

обработената повърхнина спрямо това на заготовката (12), а с намаляване на коравината тези възможности нарастват (15).

3. Доказано е, че съществуват определени стойности на еластичната деформация на ПДБ с осово разместване на пластините, равно или по-голямо от граничното (16), при които нарастването на диаметъра на заготовката не води до промяна на диаметъра на обработената повърхнина.

4. Направените в резултат от проведеното изследване заключения дават възможност значително да се повиши точността на струговането на външни повърхнини с помощта на ПДБ с осово разместени режещи пластини чрез конструктивни решения, които осигуряват не максимална или произволна, а регламентирана коравина на тялото на ПДБ, съобразно (18).

ЛИТЕРАТУРА

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

[2] Григоров В.И., Н.А.Георгиева, М.К.Кършаков, Д.Димитров. Изследване на размерообразуването при струговане на валове с подвижен двуножов блок, Сп.Машиностроене и машинознание, кн.3, бр.17, 2012.

[3] Костадинов В.С. Изследване влиянието на осовото разместване на ножовете при комбинирано обработване чрез плаващ режещ блок. Научни трудове на ВТУ „Ангел Кънчев”-Русе, Т. XXXII, 1989.

[4] Костадинов В.С. Комбинирано обработване чрез струговане и повърхностно пластично деформиране. Автореферат на дисертация (дтн), София, 2005

[5] Кършаков М.К. Теоретико-експериментално разработване основите на комбинираното обработване на дълбоки отвори чрез рязане и ППД, Хабилитационен 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<mailto:IPetrov@ecs.ru.acad.bg>

Докладът е рецензиран