

Технологични особености и модели при разстъргване на дълбоки отвори

Светлана Колева, Димитър Димитров, Иван Замфиров

Technological specifics and models in boring of deep holes: *Technological specifics and models in boring of deep holes: The technological specifics, typical for manufacturing of deep holes are presented. Optimal scheme decisions of boring heads with single and multiple cutting edges are analyzed. Technological models, providing compensation of force deformations are shown.*

Key words: *deep holes, boring, force deformations, compensation.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Отвори с отношение $l/d > 7$ на дължината l към диаметъра d е прието да се наричат дълбоки. Технологиите, екипировката и машините за тяхното обработване се различават принципно от известните такива за къси отвори. Реализира се при въртяща се заготовка, въртящ се инструмент или едновременно въртящи се заготовка и инструмент. За обработването на дълбоки отвори се прилагат методите [1]: *Пробиване*, което може да бъде плътно или пръстеновидно; *Разширяване* чрез разстъргване, зонкерование, райберование, повърхностно пластично деформиране и комбинирано обработване.

По конструкция машините за обработване на дълбоки отвори съществено се различават от всички други металоуреждащи машини. Инструментите за обработване на дълбоки отвори също са принципно различни от използваните при къси отвори. Инструментът е оформен като режеща глава, която се монтира към борщанга. Главата осигурява необходимото разположение на режещите пластини така, че да се постигне зададено разделяне на общата прибавка (без едноръбовите разстъргващи).

В настоящата работа са анализирани технологичните особености [1] и модели с компенсиране на грешките от силови деформации [2,3] при разстъргване на дълбоки отвори.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Технологични особености при обработване на дълбоки отвори

1. Инструментът се базира (опира) по вече обработен участък от отвора, а в началото – по водеща втулка. Последната може да отпадне, ако стабилността и виброустойчивостта са достатъчни; 2. Свързано с горното, инструментът е снабден с опорни базирани елементи, които контактуват с обработения отвор чрез триене при плъзгане (твърдославни пластини) или търкаляне (ролки, сачми); 3. Инструментът се разделя на режеща глава (пробивна, разстъргваща, комбинирана) и носеща борщанга; 4. Процесът се характеризира с голямо силово и топлинно натоварване, особено при пробиването; 5. Необходимо е да се осигури гарантирано и надеждно стружкочупене с цел отвеждане стружките; 6. В зоната на рязане се подвежда мажещо-охлаждащата течност (МОТ) с голям дебит и налягане с цел охлаждане и изнасяне на стружките; 7. Създава се „затворена“ хидравлична система за МОТ, включваща стружкоотделяща и филтрираща уредба с нагнетателна помпа; 8. Необходим е специален възел за подвеждане на МОТ, който обикновено служи и за направляване на борщангата; 9. Когато отношението l/d е двуцифрено число, освен основните опори, както за заготовката, така и за борщангата, се използват допълнителни опори (люнети); 10. Налице е и субективно затруднение, изразено в това, че процесът не се наблюдава визуално; 11. Технологичната система задължително се снабдява с блокиращо устройство или

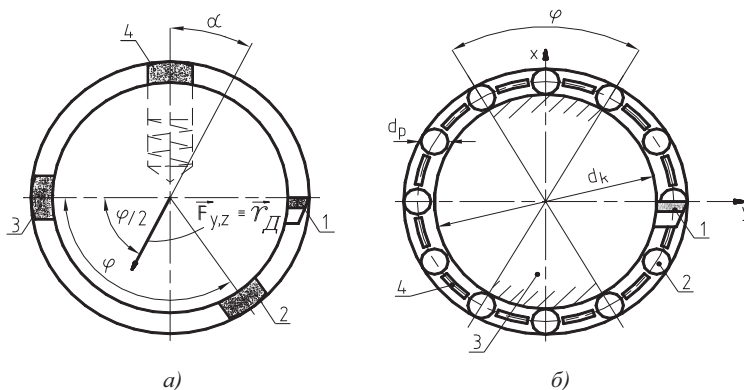
адаптивна система за изключване на машината при претоварване или аварийна ситуация.

Известните конструкции на разстъргващи глави се подразделят според броя на режещите пластини на едноръбови и многоръбови:

Разстъргване на дълбоки отвори с едноръбови глави

Тези глави се използват за чисто разстъргване на дълбоки отвори, тъй като осигуряват по-висока точност, но при по-ниска производителност от многоръбовите.

Разстъргващата глава, показана на схемата от фиг.1,а, съдържа режеща



Фиг.1. Едноръбови разстъргващи глави а) с опорни пластини и б) с ролков сепараторен елемент

пластина 1 и опорните 2 и 3, които отстоят на минимално осево разстояние след режещата. Главата е работоспособна, когато върхът на режещата пластина и контактните площадки на опорните лежат на една окръжност, която е съосна с инструмента и е с диаметър, равен на диаметъра на обработения отвор. Това се постига в сглобено състояние чрез шлифование и заточване на място или шлифование на опорните и фино регулиране на режещата пластина. За целта на контрола едната опорна пластина, в случая 3, се разполага диаметрално противоположно на режещата. Ъгловото разположение на пластина 2 трябва да удовлетвори две условия:

- Да се постигне т.нар. еднозначност или определеност на базирането. Това означава да се осигури непрекъснато и гарантирано притискане на двете опорни пластини към обработения отвор, независимо от колебанието на прибавката или други фактори, т.е. да не се допусне двустранно колебателно движение в рамките на хлабината в процес на работа. За тази цел понякога в конструкцията се предвижда допълнително виброгасяща пластина 4.

- Контактното натоварване, респ. износването на двете опорни пластини е желателно да бъде приблизително еднакво. Следователно направлението на сумарния силов вектор $\vec{F}_{y,z}$, приблизително съвпадащ с направлението на вектора силови деформации $\vec{r}_D$, трябва да съвпадне с ъглополовящата на ъгъла φ , сключен между контактните площадки на двете опорни пластини.

Едноръбова разстъргваща глава с ролков сепараторен елемент е показана на фиг.1,б. При тези глави триенето при плъзгане се заменя с по-благоприятното триене при търкаляне. Силовото натоварване на режещата пластина 1 се възприема от ролките 2, които контактуват с обработения отвор и опорния конус 3, като се

поддържат от сепаратора 4. Задължително се осигурява безхлабинна връзка като ролките се притискат към отвора радиално с определена сила. Тя се създава от еластична осева сила, приложена на опорния конус или чрез постигната стегнатост между диаметъра на отвора и диаметъра на описващата контактните участъци на ролките окръжност. Така опорният елемент играе ролята на подвижен люнет, а като допълнителен ефект се постига подобряване граповостта на обработения отвор. Всъщност се получава комбиниран инструмент за чисто разстъргване и повърхностно пластично деформиране.

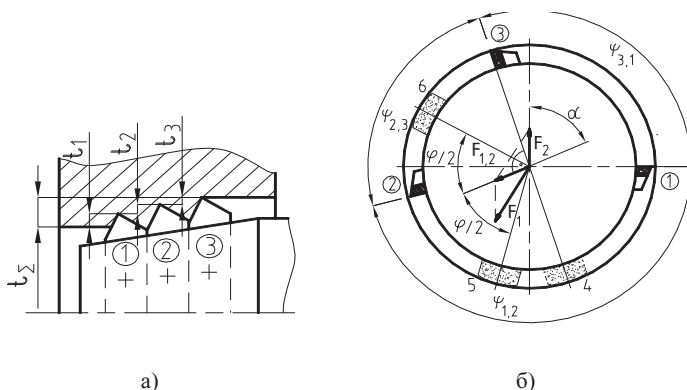
Разстъргване на дълбоки отвори с многоръбови глави

Тези глави съдържат две и повече режещи пластини. Те се класифицират според схемата за разделяне на общата прибавка: по дълбочина; по подаване; смесено (при поне 3 пластини).

Схема на глава с делене на прибавката по дълбочина е показана на фиг.2,а. Ножовете 1, 2 и 3 са изместени осево, а върховете им са разположени на различни радиуси.

Общата дълбочина на рязане t_{Σ} се разпределя неравномерно между ножовете. На базата на машиностроителния опит се препоръчва $t_1 > t_2 > t_3$, или по-конкретно $t_1 = (0,4 \div 0,6)t_{\Sigma}$, $t_2 = (0,3 \div 0,4)t_{\Sigma}$ и $t_3 = (0,1 \div 0,2)t_{\Sigma}$. С това се цели колебанието на t_{Σ} да се поеме изцяло от нож 1, или той да сменя прибавка и в граничния случай при заготовка с дълбочина $t_{\Sigma min}$. Ножовете 2 и 3 работят при номинално постоянна дълбочина, като размерообразуващият нож 3 е при най-благоприятни условия.

Ако ножовете са разположени в една надлъжна равнина, както е показано на фиг.2,а, ще се получи максимална радиална сила и голям осов габарит на главата. Затова най-често режещите пластини се разполагат ъглово в различни надлъжни



Фиг.2. Схеми на многоръбови глави с разделяне на прибавката по дълбочина

равнини, както е показано на фиг.2,б. Така се намалява значително неуравновесената радиална сила и дължината на главата.

В този случай определянето на ъглите между режещите пластини $\psi_{1,2}$, $\psi_{2,3}$ и $\psi_{3,1}$, радиусите на върховете им, както и ъгловото разположение на опорните пластини е оптимизационна задача. В тази насока може да се препоръча следното:

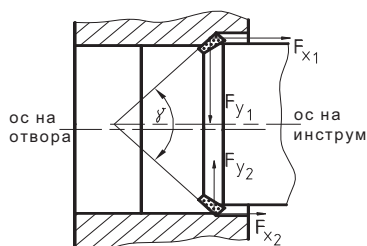
- Прибавката следва да се сменя почти изцяло от първите два ножа, като колебанието ѝ се отразява само на първия.

- Формираният от силите на ножове 1 и 2 сумарен вектор $\vec{F}_{1,2}$ е желателно да бъде с неголяма стойност, но обезателно еднопосочен за да се постигне еднозначност на базирането. Това се постига чрез оптимизиране на ъгъла $\psi_{1,2}$ между първите два ножа.

- Чистият нож 3, който е размерообразуващ, следва да сменя минимална прибавка $t_3=(0,1-0,25)\text{mm}$ и се разполага така, че върхът му да лежи на нормалата спрямо силовия вектор $\vec{F}_{1,2}$. Така, при колебание на силовите деформации, върхът на нож 3 се премества по тангента спрямо обработения отвор и се постига по-висока точност.

- Опорните пластини е желателно да се разположат съгласно съображенията, посочени по-горе при едноръбовата глава (фиг.2,а). Горното може да се окаже практически невъзможно за изпълнение, тъй като при реализацията на главата се налага оформянето на 3 канала за вложки или ножчета. Компромисно може да се окаже решението, показаното на фиг.2,б - с три опорни пластини. Силовото натоварване следва да се поема приблизително равномерно от пластини 5 и 6, а пластина 4 е само контролна. Тя се монтира при заточване (регулиране), след което се изважда и не участва при процеса рязане.

Схема на многоръбова глава, работеща с разделяне на прибавката по подаване е показана на фиг.3. Тя се реализира точно, когато режещите ръбове на пластините лежат на една образувача конусна повърхнина с ъгъл γ , а върховете им са разположени в една напречна равнина и са на еднакъв радиус. Така всички пластини срязват стружки с еднакво напречно сечение, т.е. производителността е висока. При качествено заточване (регулиране) на главата се осигурява висока точност на размера (до IT 6-7). Същевременно при малка радиална стабилност на инструмента, с тези глави се постига по-ниска точност на относителното разположение на оста на отвора.



Фиг.3. Схема на многоръбова глава с разделяне на прибавката по подаване

На фиг.3. е илюстриран процеса врязване на такава "абсолютно стабилна" и правилно установена глава в изместен осево необработен отвор. В резултат на различните прибавки се получава неуравновесена радиална сила $\Delta \vec{F}_y = \vec{F}_{y1} - \vec{F}_{y2}$. Тази сила се стреми да измести инструмента до настъпване на силово равновесие. Ако стабилността на инструмента е пренебрежимо малка (плаващ райбер, блок), това изместване ще продължи до изравняване на прибавките, т.е. до съвпадане на оста на инструмента с оста на неточния отвор. Така обработеният отвор ще се получи

със същата неточност на разположението на оста си, каквато тя е била в заготовката. При реална стабилност на инструмента силовото равновесие ще настъпи при определено изместване на оста му. За намаляване на тези грешки се препоръчва [1] използването на инструменти с голям главен установъчен ъгъл (75-90°). Освен това при обработване на точно разположени отвори тази точност следва да се осигури с предшестващо разстъргване с едноръбова глава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дефинирани са технологичните особености, които са характерни при обработването на дълбоки отвори. Анализирани са оптимални схемни решения на

едно- и многоръбови разстъргващи глави Представени са силови модели, които осигуряват компенсиране на деформациите.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] SANDVIK Coromnt, Rotating Tools, каталог, 2009..
- [2] SANDVIK Coromnt, Чистовая расстачная головка, проспект, 2005.,
- [3]Замфиров Ив. Методи за насочено въздействие на силовите деформации при струговане, Хабилитационен труд за научно звание „професор”, Русе, 2009, 233с.

За контакти:

Проф.Замфиров,кат.ТММРМ,РУ“Ан.Кънчев”,тел.822,е-mail:zamfirov@uni-ruse.bg.

Докладът е рецензиран