

КОМПОНОВКИ НА МНОГООПЕРАЦИОННИ МАШИНИ ЗА ОБРАБОТВАНЕ НА РОТАЦИОННИ ДЕТАЙЛИ

доц. д-р Лъчезар Стоев, ТУ-София

1. Въведение

Металорежещите машини се усъвършенстват непрекъснато за повишаване на производителността на обработване на детайлите и точността на размерите, формата и взаимното разположение на техните повърхнини. За постигане на тази цел се използват нови системи за тяхното управление, нови инструментални магазини, измервателни средства и други.

Липсва обаче оптимално решение на технологичната задача: *постигане на предварително и окончателно обработване на детайлите на една машина, при една или две установки.* Използването понастоящем на шлифовъчни инструменти при някои машини и центри за предварително обработване не постига изискваната производителност и точност, тъй като вретената, към които те се установяват, имат неподходяща (ниска) честота на въртене. Поради това ефективно интегриране на двата вида обработване може да се осъществи само от нови металорежещи машини, наименувани по нататък в текста, като „многооперационни“ (МОМ). При тяхното разработване трябва да се преодолеят големите различия между сега произвежданите машини за предварително и за окончателно обработване:

- различна геометрична и работна точност;
- различно силово и топлинно натоварване;
- различна честота на въртене на използваните главни и инструментални вретена;
- различни възможности за обработване на закалени детайли;
- различен тип на стружките, начини на тяхното отвеждане и защити на направляващите.

Създаването на тези нови машини за многооперационно обработване изисква преди всичко разработване, оценка и избор на техните компоновки. Това е така, защото от правилния избор на „системата за разполагане на възлите и машините на металорежещата машина“, (определение на [1] за понятието компоновка), зависят в максимална степен качествата и на самата машина. Това е особено важно при компоноване на многооперационните машини. При тяхната работа трябва да се постигне по-висока производителност и точност на детайлите в сравнение с обработването им на отделни машини за предварително и за окончателно обработване.

Цифровото управление на металорежещите машини облекчи в максимална степен решаването на тази задача. Неговото приложение създаде условия за свободно моделиране на техните компоновки, поради отпадане на сложните кинематични връзки на конвенционалните машини. Необходимо е да се имат предвид и следните обстоятелства:

Част от възлите на машините за предварително и за окончателно обработване (мотор-вретена, подавателни механизми, направляващи, затягащи устройства и други) са еднакви по конструкция, но с различни технически показатели в съответ-

ствие с операциите, които изпълняват;

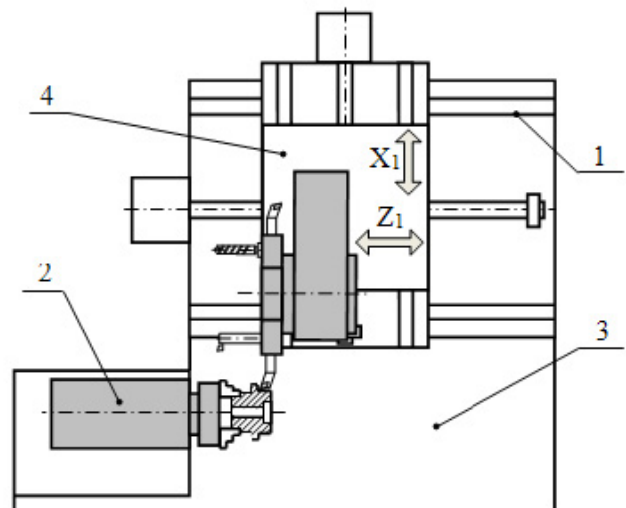
Друга част от тях (високочестотни вретена за вътрешно шлифоване, револверни глави за силови инструменти, устройства за осево позициониране на шлифовъчните инструменти, заточващи устройства, измервателни глави и други) са специфични за всяка една от двата вида машини, но задължителни за голяма част от многооперационните машини.

Всичко това налага възприемане на модулния принцип при моделиране на различни варианти на компоновки на многооперационни машини за обработване на стъпални детайли.

По долу са представени модулните структури на част от тях. Те са съобразени с вида на детайлите (патронникови или центрови), с разположението на обработваните повърхнини (едностранно или двустранно), с технологичните операции, които могат да изпълняват и с вида на организацията на производството. Всяка една от тях е подчинена на основната цел: осигуряване на възможно най-ниска цена на машините, при зададената точност, производителност и себестойност на обработваните детайли.

2. Компоновки на еднорепортни машини за едностранно обработване на центрови и патронникови детайли

За изходна, базова компоновка, при изграждане на представените варианти, е избрана тази на струговата машина, показана на фиг. 1. Тя е с надлъжна направляваща 1, успоредна на оста на главното вретено 2, което е закрепено неподвижно към тялото 3 на машината. Супортът 4 може да се движи в напречно и надлъжно направление по двете цифрово управляеми оси



Фиг. 1 Стругова машина за обработване на патронникови детайли

X_1 и Z_1 и носи револверната глава, комплектувана с различни инструменти. Технологичните възможности на машината осигуряват едностранно, грубо обработване на една установка на всички външни и вътрешни повърхнини на патронникови детайли при последователно изпълнение на операциите: струговане, свредловане, разстъргване и резбонарязване. При използване на „активен“ инструмент е възможно и изпълнение на операцията фрезозане. В зависимост от стабилността и мощността на машината е възможно, при обработване на някои материали, да се изпълнява и операцията дълбане, при мерно на шпонкови канали.

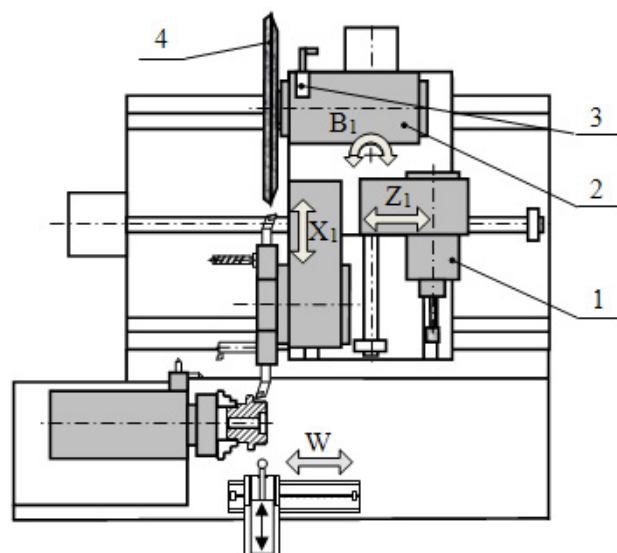
Илюстрираната на фиг. 1 компоновка, а и всички следващи варианти, могат да се разглеждат като хоризонтални или вертикални. Това означава, че за примера на фиг. 1 оста на револверната глава може да лежи в хоризонтална, във вертикална или (при използване на наклонени направляващи) в равнина под ъгъл спрямо хоризонталната.

На фиг. 2 е представена първата компоновка на многооперационна машина, като вариант на базовата. При нея, към револверния кръстат супорт от фиг. 1, е установено устройство за вътрешно шлифоване 1 и мотор-вретено 2 с шлифовъчен инструмент 4, който може да бъде с прав или наклонен профил. Това превръща супорта в многофункционален, с възможност за цифрово, надлъжно и напречно преместване по осите Z_1 и X_1 , и с възможност за ъглово препозициониране при въртене около ос B_1 . Напречното му преместване се осъществява от две отделни напречни шейни, разположени една над друга, всяка една от които има самостоятелни направляващи и подавателни преводи за грубо и окончателно обработване [2]. За опростяване на фигурите втората напречна ос не е показана. Разделянето на напречните подавателни преводи осигурява поддържане на точността на шлифованите детайли и намаляване на износването на сачмено-винтовата двойка на подавателния превод за окончателно обработване. Размерите на шлифовъчния инструмент 4 са еднакви с тези използвани при класическите машини за външно кръгло шлифоване. Неговото заточване се извършва от блок с два диамантни изравнители, закрепени към предното седло. Надлъжното му позициониране спрямо детайла се изпълнява от устройство 3 за осево позициониране (УОП), установено върху мотор-вретеното, аналогично на приложението му в машина ШК 324.32 [3].

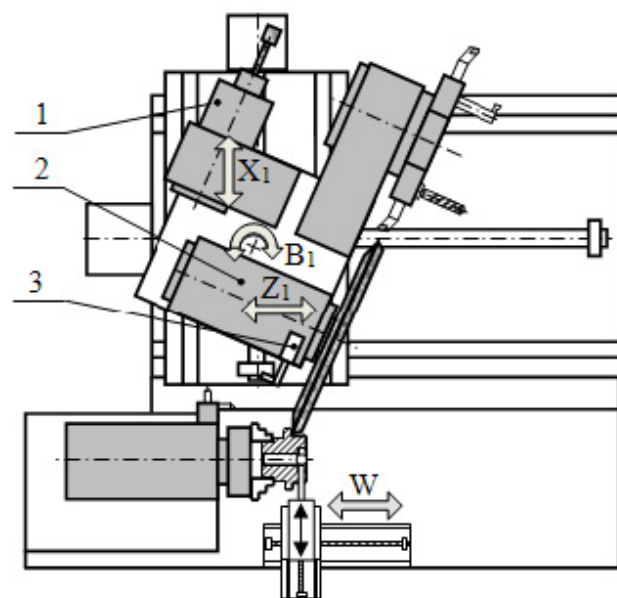
При тази компоновка се разширяват технологичните възможности на машината за струговане, свредловане и разстъргване (фиг. 2а) и шлифоване (фиг. 2б) при една установка на всички едностранно разположени външни и вътрешни челно-цилиндрични и конусни повърхнини на патронниковите детайли. При изискване за по-висока точност на външните размери на детайлите се използва устройство за активен контрол (УАК). Надлъжното му позициониране се извършва ръчно или с допълнителна ос W , по допълнителна направляваща успоредна на оста на главното вретено.

Предимства на компоновката от фиг. 2 са:
от технологично естество:

- осигурява грубо и окончателно обработване на всички едностранно разположени външни и вътрешни повърхнини на патронникови детайли на една установка;
- постига висока точност на размерите и взаимното разположение на обработваните повърхнини;
- намалява значително необходимата прибавка за шлифоване, поради елиминирани грешката от установяване. По данни на [4] при многооперационните машини е възможно постигане на прибавка за шлифоване от 0,02 мм. В следствие на това се съ-



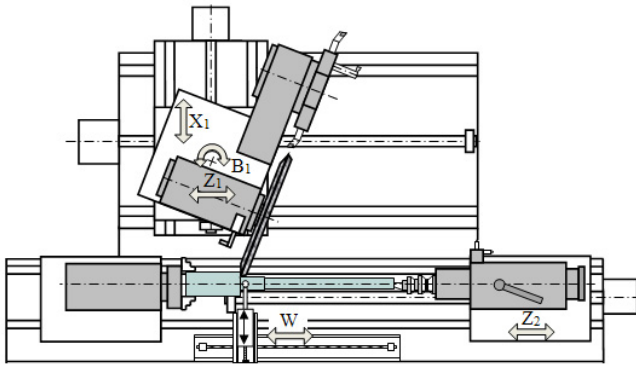
а) предварително обработване (струговане, свредловане и разстъргване)



б) окончателно обработване (външно и вътрешно шлифоване)

Фиг. 2 Многооперационна едносупортна машина за последователно обработване на патронникови детайли на една установка (вариант 1)

- крацава чувствително сумарното машинно време;
- съкращават се значително спомагателното и подготвително-заклучителното време, което води до намаляване на цикловото време за обработване и повишаване на производителността;
- малките и равномерни прибавки за окончателно обработване дават възможност за използване на методите за сухо рязане или обработване с минимални количества мажещо-охлаждаща течност. Износването на шлифовъчния диск намалява и като резултат броят и продължителността на вътрешно-цикловите



Фиг. 3 Многооперационна едносупортна машина за последователно обработване на центрови детайли

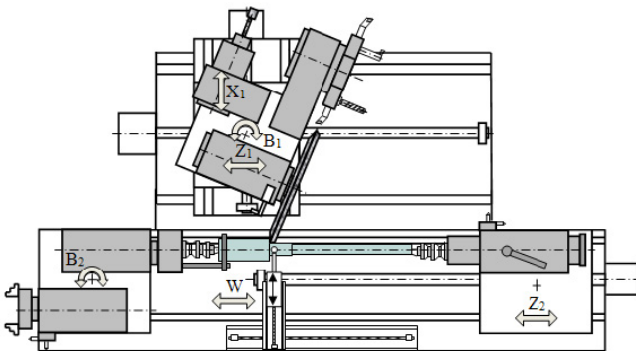
заточвания намаляват.

от икономическа гледна точка:

- намаляване на необходимата производствена площ, поради монтирането само на една, а не на две машини;
- намаляване на инвестиционните и производствени разходи, поради използването на една, а не на две машини: цифров струг и цифрова шлифовъчна машина за външно и вътрешно шлифване за решаване на една и съща производствена задача;
- редуцират се инструменталните разходи за шлифовъчни инструменти и МОТ;
- машината се обслужва само от един работник;

За многооперационно, едностранно, грубо и окончателно обработване на стъпални центрови детайли, установени в патронник и заден център, е разработена представената на фиг. 3 компоновка. При нея машината има втора надлъжна направляваща и задно седло с допълнителна ос Z_2 . Тя е необходима за промяна на междуцентровото разстояние при обработване на центрови детайли с различна дължина. Шлифоването се извършва с или без устройство за активен контрол, в зависимост от изискванията за точност на диаметралните размери на детайла. На фиг. 3 е дадено разположението на стандартно, едноразмерно или широкообхватно устройство за активен контрол. Изборът на вида на устройството зависи от броя на шлифованите стъпала, които подлежат на активен контрол.

На фиг. 4 е илюстрирана компоновка на МОМ, която е вариант на разглежданата компоновка от фиг. 3, но с по-големи технологични възможности. При нея предното седло е двупозиционно за предварително и окончателно обработване на едностранно



Фиг. 4 Универсална многооперационна едносупортна машина за последователно обработване в произволна последователност на центрови и патронникови детайли

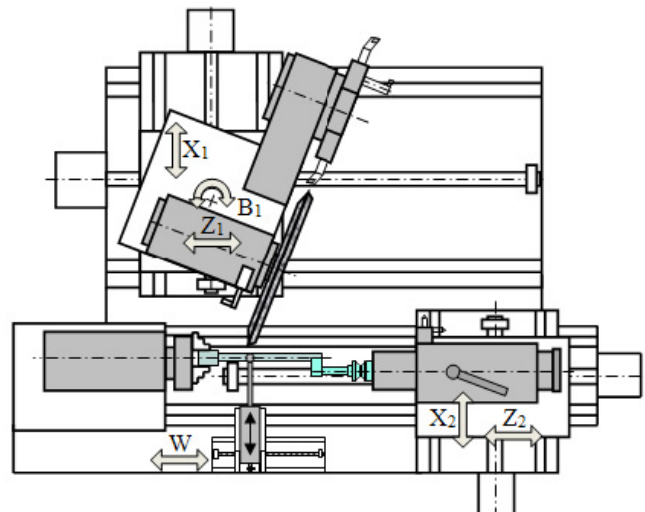
разположените (десни) повърхнини на центрови и патронникови детайли на една установка в произволна последователност. В случая е показан друг вариант на установяване на центровия детайл (между два центъра) при използване на сърце или специален патронник за предаване на въртящия момент. Изборът зависи от силите на рязане при грубото обработване. Този начин на установяване осигурява висока точност на взаимното разположение между десните и леви повърхнини на детайла. Последните могат да се обработят при второ установяване върху същата или втора машина от същия вид.

Втората позиция на предното седло е заета от вретено с патронник за установяване на патронникови детайли. Те се обработват едностранно по начина изложен в текста към фиг. 2.

Многооперационните машини с компоновка от фиг. 4 са особено подходящи за средно серийно производство поради:

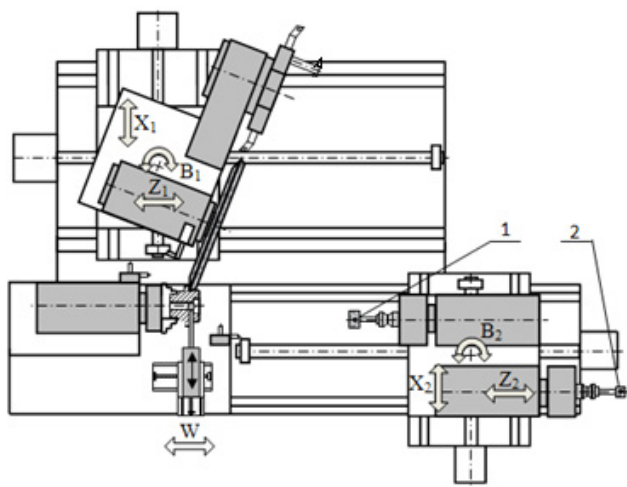
- възможност за едностранно обработване на стъпални центрови и патронникови детайли, при установяването им в произволна последователност;
- възможност за обработване на ляво разположените повърхнини на двата вида детайли при втора установка върху самата машина;
- висока точност на взаимно разположение на двустранно разположените повърхнини на стъпалните центрови детайли при второто им установяване между два центъра;
- минимално време за пренастройване на машината за второ установяване на патронниковите детайли от същата партида и тяхното центроване при закрепване в патронника за осигуряване на съосност между двустранно разположените повърхнини;
- приемлива цена на машината при предлаганите технологични възможности, постигана точност и производителност.

На фиг. 5 е представен вариант на компоновката от фиг. 3, но с друго предназначение: - едностранно обработване на нестабилни патронникови детайли (с голяма дължина и малък външен диаметър). За целта в пинолата на задното седло, вместо център, е установена люнетна опора с размери и конструкция съобразени с обработвания детайл. Задното седло запазва възможността си за надлъжно препозициониране (ос Z_2) при обработване на стъпални детайли с различна дължина, установени в патронник и люнетна опора на последното стъпало. При



Фиг. 5 Специализирана многооперационна едносупортна машина за обработване на патронникови детайли с ниска стабилност

обработване на детайли с еднакъв диаметър се осъществява едновременно движение на шлифовъчния диск (ос Z_1) и подвижната люнетна опора (ос Z_2) за осигуряване на изискванията за цилиндричност. В този случай е възможен и вариант с напречно преместване на опората с допълнителна ос X_2 , синхронно с подаванията на инструментите по ос X_1 .



Фиг. 6 Многооперационна едносупортна машина за последователно едностранно обработване на патронникови детайли (вариант 2)

На фиг. 6 е показан втори вариант на MOM за едностранно (предварително и окончателно) обработване на патронникови детайли с двупозиционно задно седло и три управляеми оси X_2 , Z_2 и B_2 . Възможни са два варианта на неговото окомплектоване:

- с две вретена с различна максимална честота на въртене и два диска 1 и 2 с различен диаметър за вътрешно шлифоване;
- с едно вретено за диск 1 и измервателна глава за контрол на вътрешните повърхнини след тяхното шлифоване, вместо вретеното за диск 2.

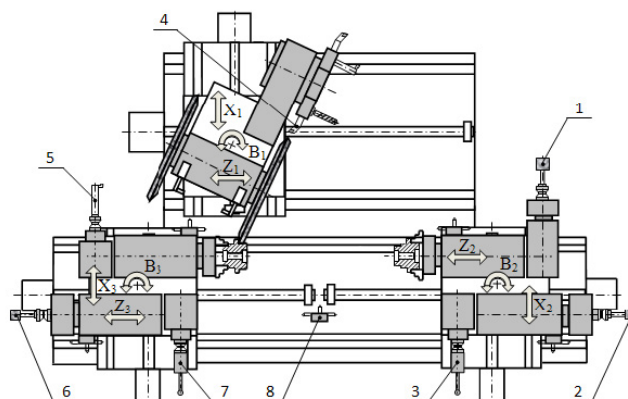
Заточването на вътрешно шлифовъчните инструменти се осъществява от заточно устройство с два диамантни изравнителя, установени неподвижно към предната част на тялото на машината.

Преимущества на компоновката са:

- по-висока производителност поради възможност за избор на инструменти с подходящ диаметър и честота на въртене;
- възможност за автоматична смяна на инструментите с магазин при едно следващо развитие на компоновката;
- възможност за отпадане на УАК за вътрешно шлифоване, при използване на измервателна глава.

3. Компоновки на едносупортни машини за двустранно многооперационно обработване на патронникови детайли

На фиг. 7 е представена компоновка на MOM за двустранно обработване на патронникови детайли със стъпални външни и вътрешни повърхнини. Характерно за компоновката е наличието на две четири позиционни револверни седла, подвижни в надлъжно и напречно направление (X_2 , Z_2 , X_3 , Z_3) и с оси



Фиг. 7 Многооперационна едносупортна машина за последователно двустранно обработване на патронникови детайли (вариант 1)

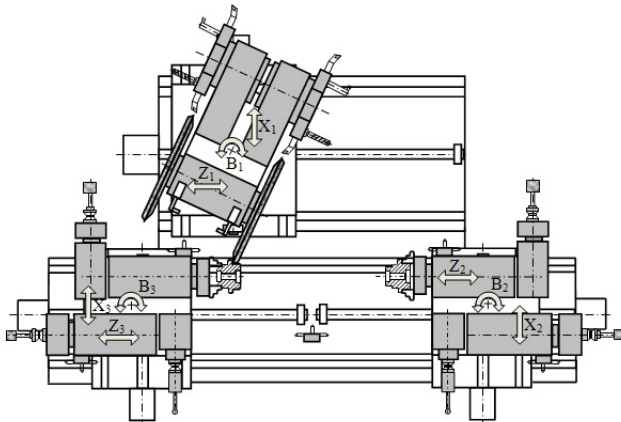
за завъртане (B_2 и B_3). Една от техните позиции се заемат от срещуположно разположени главни вретена и патронници към тях. На фигурата е представена една възможна окомплектовка на останалите позиции с режещи инструменти и измервателни устройства.

Цялостното обработване на всички дясно разположени повърхнини на детайла се извършва при установяването му в патронника на предното седло. Грубото обработване, в това число и на централния отвор, се осъществява от инструментите на револверната глава на супорта. Шлифоването на външните повърхнини се извършва от десния външно шлифовъчен диск, със или без използване на широкообхватно устройство за активен контрол (ШУАК), което не е показано на фигурата. Неговото разположение и закрепване към задната част на тялото, в ляво от супорта, (чрез портал и допълнителна ос W), както и начинът на действие, е аналогично на приложението му в машина, модел ШК 322.41 със CNC управление за шлифоване на многостъпални валове [3].

Вътрешните десни повърхнини се шлифоват с единия или двата диска 1 и 2 (с различни диаметри), установени към вретена на задното седло с висока честота на въртене. Контролът на отворите се извършва след шлифоване от измервателна глава 3, установена също към задното седло.

Обработването на всички ляво разположени повърхнини на детайла се извършва след автоматичното му установяване в патронника на задното седло. Външните повърхнини се струговат с левия нож 4 на револверната глава на супорта, а отворите с борщангата 5, установена към предното седло. Шлифоването на отворите и техният контрол се осъществяват съответно от вътрешно шлифовъчния диск 6 и измервателната глава 7, установени към предното седло. Външните повърхнини се шлифоват от левия диск на супорта, със или без участието на посоченото по-горе широкообхватно устройство ШУАК, което се използва за измерване при шлифоване, както на десните, така и на левите външни повърхнини на детайла.

Заточването на всички вътрешно шлифовъчни инструменти се извършва от едно заточващо устройство 8 с три диамантни инструмента. Закрепено е неподвижно към предната част на тялото на машината, в позиция при която не пречи на движени-



Фиг. 8 Многооперационна едносупортна машина за последователно двустранно обработване на патронникови детайли (вариант 2)

ята на двете седла по ос Z_2 и Z_3 .

При компоновката от фиг. 7 е възможно едновременно външно и вътрешно шлифване на десните, а след това и на левите повърхнини на патронниковите детайли.

На фиг. 8 е представен вариант на компоновката от фиг. 7. При него върху супорта са разположени две револверни глави, с огледално в надлъжно направление изпълнение.

С това се увеличава общият брой на силовите инструменти и тяхното разнообразие, в сравнение с тези при компоновката от фиг. 7. Това позволява двустранно обработване на патронникови детайли с много по сложна форма, особено на вътрешните повърхнини. Поради наличието на две револверни глави върху супорта отпада необходимостта от установяване на инструменти за грубо обработване (струговане и разстъргване) върху предното седло.

Двете четири позиционни револверни седла се изравняват по броя на инструментите за вътрешно шлифване и измервателните глави, които могат да се установяват към тях.

При необходимост многооперационните машини, показани на фиг. 7 и фиг. 8, могат да бъдат окомплектовани с един или два магазина за автоматична смяна на инструментите на едното (задното) или на двете седла. В този случай вретената на седлата трябва да бъдат с ориентирано спиране.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В публикацията са представени компоновъчни варианти на едносупортни многооперационни машини за едностранно обработване на патронникови и центрови детайли при различни производствени условия. Анализирани и съпоставени са техните технологични възможности. На модулен принцип могат да се изградят и други компоновъчни решения, които да се адаптират към различни детайли и технологични маршрути. Компоноването на отделните варианти е извършено при унификация на градивните модули.

Всички предложени компоновки се характеризират с използването на един многофункционален револверен супорт, който се окомплектова по избор със следните модули: външно шлифовъчно вретено с един или два диска (с прав или наклонен профил), една или две револверни глави с „активни“ и невъртящи се

инструменти, и с вретено за вътрешно шлифване.

Предложени са нови компоновки и на едносупортни машини за двустранно многооперационно обработване на патронникови детайли, които се характеризират с наличието на две четири позиционни револверни седла, една от позициите на които се заема от срещуположно разположени вретена и патронници към тях.

Разделянето на напречните направляващи и подавателните преводи за предварително и окончателно обработване при многофункционалния супорт осигурява поддържане на точността на шлифованите детайли през целия период на експлоатация на многооперационните машини.

ЛИТЕРАТУРА

1. Врагов Ю. Д. Анализ компоновок металлорежущих станков, М. Машиностроение, 1978 г.
2. Стоев Л. Метод и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли, патент за изобретение № 66427 с приоритет от 24.03.2009 г.
3. Атанасов Ж. Технология и машини с компютърно цифрово управление за шлифване на стъпални ротационни детайли, хабилитационен труд, София, 1988 г.
4. EMAG Salach Maschinenfabrik GmbH, информационен сайт, <http://www.emag.com>, 23.11.2009 г.

CONCEPTIONS OF MULTIOPERATIONAL MACHINES FOR ROTARY PARTS

Abstract: Effective integration of rough and finish machining at a constant established position of the workpiece can be accomplished only by new machine tools referred in the present paper as “multioperational” (MOM). During their development must be overcome the significant differences between the machines produced nowadays for rough turning, milling, drilling and finish grinding: different geometric and work accuracy, different force and thermal load, different rotational speed of main and tool spindles, different options for machining of hardened workpieces, different types of turnings, types of their removal and protection of guideways, and others. The development of these new machines for multioperational machining requires first of all design, evaluation and selection of their conception. In their operation must be achieved higher productivity and accuracy of machined parts compared to those machined on separate machines for rough and finish machining.

Key words: multioperational machine, single carriage machines, sided processing, bilateral processing, chuck and center type workpieces