

# Метод и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли

## Част 3 Нови технологични методи

доц. д-р Л. Ж. Стоев, ТУ-София,  
[lstoev@tu-sofia.bg](mailto:lstoev@tu-sofia.bg), тел: + 359 2 9653919

***Анотация:** В две поредни публикации на конференцията ТЕХСИС'2009 са представени технология и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли. В настоящата работа се акцентува върху допълнителните възможности на мултифункционалния шлифовъчен център за реализиране на следните нови технологични методи: профилиране на абразивни дискове с диамантни инструменти, шлифване на профилни повърхнини, стругване и шлифване на резби на една установка и методи за поддържане на нестабилни детайли с подвижни люнети. За предлаганите методи и машина е подадена заявка за изобретение в Патентното ведомство на Република България.*

***Ключови думи:** център, заточване, профилно шлифване, шлифване на резби, люнет*

### 1. Метод за профилиране на абразивни дискове с диамантни инструменти

Инструментите за заточване на шлифовъчни дискове са предназначени за възстановяване на тяхната режеща способност и геометрична форма. Независимо от това, че те спадат към така наречените инструменти от втори порядък, които не взаимодействат пряко с обработваната заготовка, тяхната роля непрекъснато нараства и става все по-определяща за крайните резултати от шлифоването. Според DIN 8589 методите за заточване се делят на две групи:

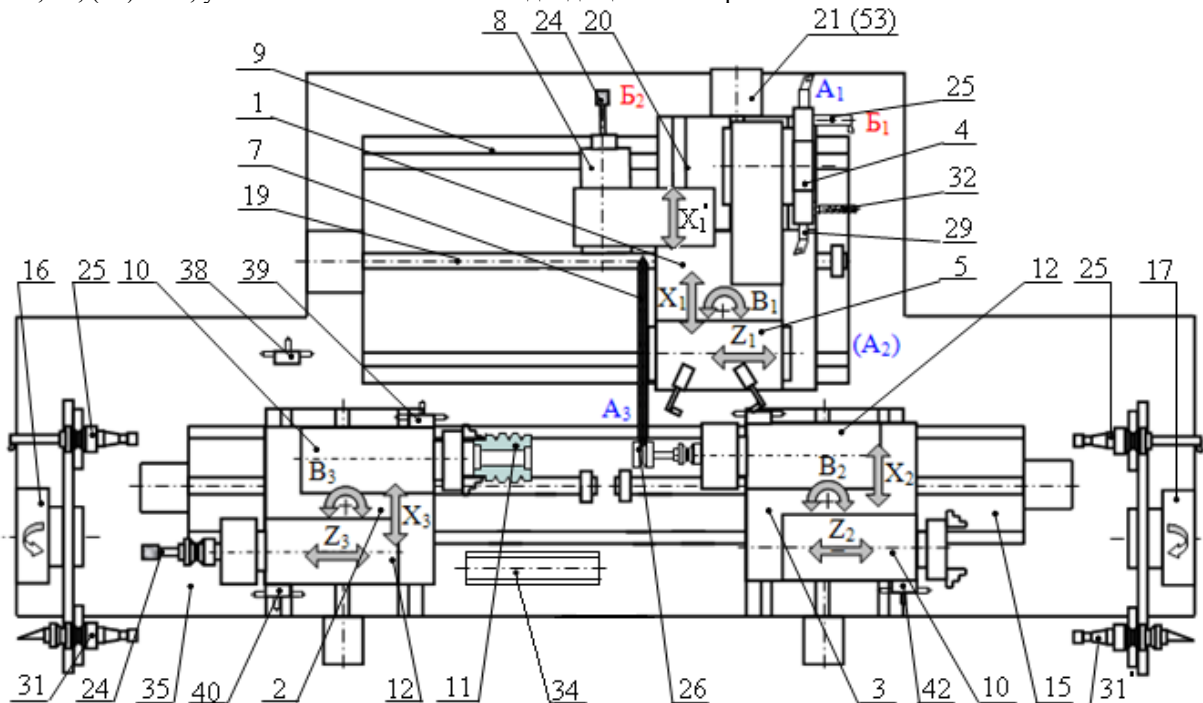
- методи на профилиране, при които заточващият инструмент трябва да има негативен на желания профил на детайла и
- методи за формиране, при които профилът на шлифовъчния диск се получава чрез управление на подавателното движение.

В едросерийното и масово производство най-широко разпространеният метод за абразивна обработка е врезното профилно шлифване. То осигурява максимална производителност, висока точност и постоянно качество на шлифованите детайли. При така нареченото „интензивно” врезно шлифване се получава готов детайл без друга механична обработка, директно от шампована или кована заготовка. Това обяснява нарастващото приложение на диамантните ролки за врезно или тангенциално заточване при прилагане на първата група методи за профилиране. Създадени първоначално като заместители на стоманените и твърдосплавни ролки за бездиамантно заточване, днес те са основен инструмент за формиране и поддържане на профила и режещата способност на шлифовъчните инструменти в едросерийното и масово производство, и особено в автомобилостроенето.

Втората група методи се прилага най-вече при машините с CNC управление, предназначени за дребно и средно-сериенно производство. Използват се профилно шлифовани единични изравнители или формиращи диамантни ролки при управление на подавателните движения в надлъжно и напречно направление. При съвременните шлифовъчни центри диамантните инструменти се вграждат към предните и задни седла, и към супортите на машините. Усъвършенстването на процеса заточване на шлифовъчните инструменти е възможно чрез предлагане и изследване на нови методи.

В [1] е разработена, изяснена и изпитана технология за бърза ръчна смяна на профилни диамантни ролки при запазване на една и съща позиция за заточване по осите X и Z за всички заточващи инструменти. Те предварително се монтират към преходни фланци с точно изработени конусни отвори. Всеки комплект от ролка и фланец се присъединява последователно към вътрешно шлифовъчно вретено (на устройство за тангенциално заточване), с радиално и челно биене на оста под 2  $\mu\text{m}$ . Сумарното разсейване на позицията за заточване, при многократно преустановяване на всички комплекти от ролки, е под 5  $\mu\text{m}$ . Тази стойност може да бъде намалена, ако се изпълнява едновременно установяване по къс конус и чело. Днес това е възможно в производствени условия и се прилага от реномираните производители на прецизни държачи за металорежещи инструменти. Например фирмата Krupp Widia е разработила системата за установяване Widaflex UTS-System, която е основана на този принцип осигуряващ много висока стабилност на конзолно разположените инструменти.

На фигура 1 е показана машината [2, 3] за многооперационно двустранно обработване на патронникови и центрови детайли в поглед отгоре, при позиция  $A_3$  на револверния супорт 1. Илюстрирани са технологичните възможности на предлагания нов метод за профилиране на абразивни инструменти 7, (6 - не е показан на фигурата) и 24 с автоматично сменяеми (или постоянно установени) диамантни ролки 26 или с профилно шлифовани единични диамантни изравнители (ЕДИ). Поради ограничителните изисквания към обема на публикациите приложението на последните не се илюстрира с фигури. Инструментите за заточване се зареждат в магазините 16 и 17 и при необходимост се установяват автоматично в честотно регулируемите вътрешношлифовъчни вретена 12 с ориентирано спиране на предното 2, задно седло 3 или на супорта 1. При компоноване на машината с четирипозиционни седла [1, 2] една от позициите им може да е предвидена само за заточване с диамантен инструмент – ролка или ЕДИ. В този случай инструментът за профилиране може и да не се демонтира. В същата позиция практически може да се разположи устройство за заточване от различен вид. По този начин се избягват напълно дори минималните грешки от преустановяване. Вретената 12 могат да осъществяват едностранно и срещупосочно заточване с диамантни ролки 26, с които се профилират дисковете 7, (6) и 24 за външно и вътрешно шлифване на супорта 1 и на срещуположното седло 2 (или 3). Заточването с автоматично сменяеми профилни или формовачи ролки 26, с единични или многозърнести диамантни изравнители или с други инструменти, установени към вътрешно шлифовъчните вретена 8 и 12 с ориентирано спиране на револверния супорт 1 или на *въртящите* се седла 2 и 3, е нов технологичен метод за профилиране. При използване на профилно шлифовани ЕДИ и на формиращи ролки 26 (тесни ролки със заострен профил в надлъжно сечение) могат да се профилират сложни профили на абразивните инструменти (6), 7 и 24, при използване на възможностите на съвременните системи за ЦПУ за линейна и кръгова интерполация между цифровите оси. Например, широк абразивен инструмент (6), 7 или 24 на супорта 1 може да се профилира с формираща ролка 26, установена във вретеното 12 на задното седло 3, при използване на линейна или кръгова интерполация между две и повече от следните оси:  $Z_2$ ,  $X_2$ ,  $B_2$ ,  $X_1$  и  $B_1$ . (Освен показаното положение на задното седло, то може да заема и ъглова позиция при врезно заточване на същия профил на диска, показан на фигура 1. В този случай ще се използва друг, дори опростен профил на диамантната ролка 26). При установяване на ЕДИ във вретеното 12 на задното седло 3 може да се заточи дискът 7 или 24 под ъгъл от  $180^\circ$  при използване на завъртане около ос  $B_2$  на седлото 3 и едновременна интерполация (при необходимост) между цифровите оси на седлото 3 и супорта 1. Кинематичните движения, които изпълняват модулните групи на машината, могат да се използват за профилиране на абразивните дискове (6), 7 и 24 и с диамантните изравнители 38, 39, 40, (41) и 42, установени в блокчета на подходящи места в работната зона на машината.

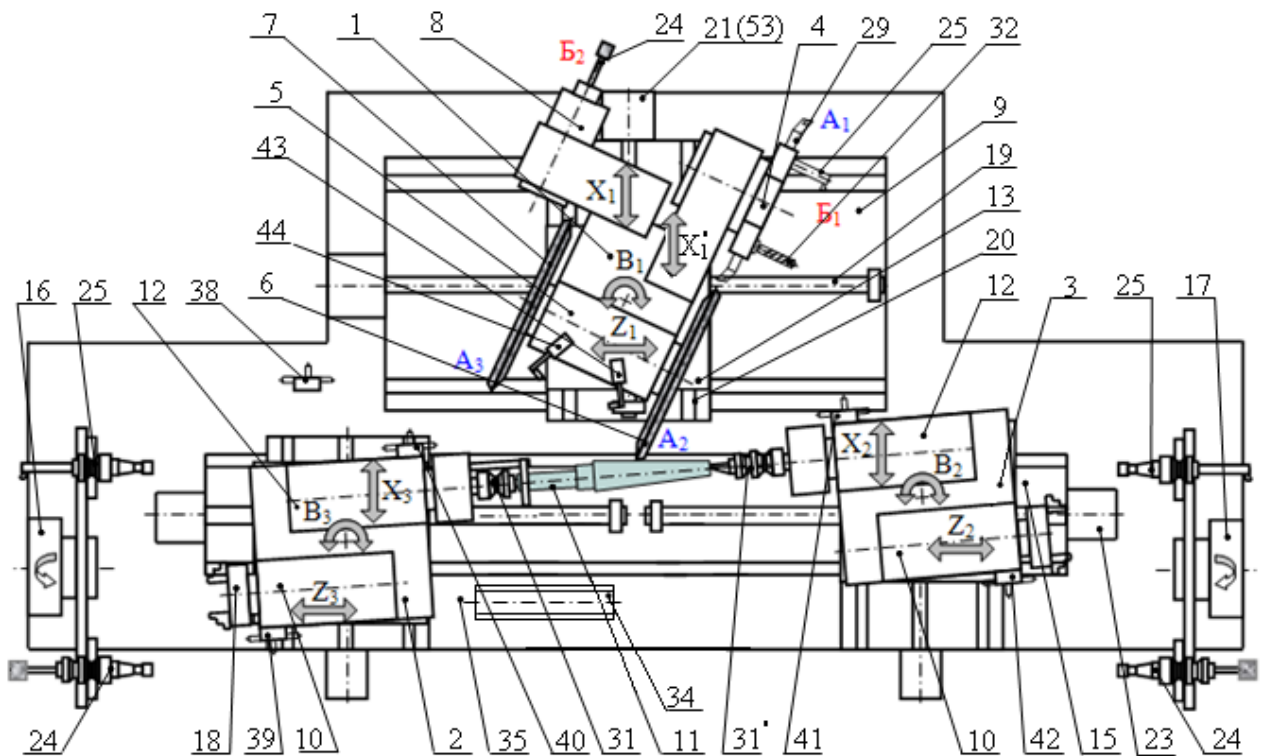


Фиг. 1 Работната зона на машината. Заточване с профилна диамантна ролка към задното седло

Компоновката на обработващия център и неговите цифрови оси осигуряват нови технологии за реализиране на двата метода за профилиране при използване на едновременна интерполация между повече от две оси. Това дава възможност за заточване на сложни контури само с един профилно шлифован диамантен изравнител или формираща ролка. Инструментите могат да се зареждат автоматично от магазини, обслужващи вретената с ориентирано спиране на револверните седла и на супорта. Те могат да бъдат и постоянно установени в подходящи позиции и ъглово разположение към споменатите групи.

## 2. Метод за шлифване на профилни повърхнини

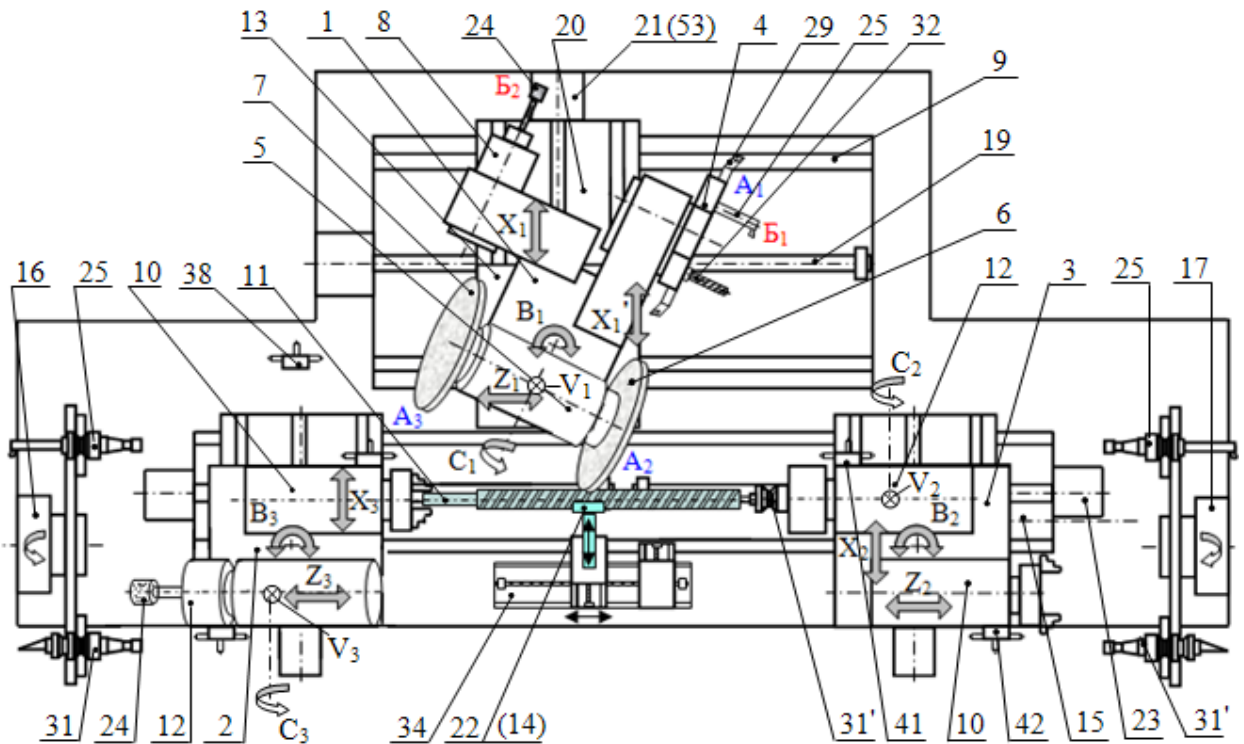
На фигура 2 обработващият център е показан в поглед отгоре, при позиция  $A_2$  на супорта **1**, в момент на надлъжно шлифване на дълга конусна повърхнина на центрови детайл **11**. Предишната обработка е била шлифване на цилиндрично стъпало. Без да се сема детайлът **11**, предното **2** и задно седло **3** се завъртат синхронизирано около осите  $B_2$  и  $B_3$  до осигуряване на желания ъгъл на конуса при запазване на междуцентровото разстояние. При това движение на седлата **2** и **3**, заедно с установения между тях детайл **11**, се използва едновременна линейна и кръгова интерполация между осите  $X_2, Z_2, B_2$  и  $X_3, Z_3, B_3$ , което се осигурява от съвременните системи за ЦПУ. Струговането и шлифването на детайла **11** се извършват на една установка. При струговане са активни осите  $Z_1$  и  $X_1$ . Надлъжните подавания при шлифване се извършват при синхронизираното преместване на седлата **2** и **3** по осите  $Z_2$  и  $Z_3$ . Супортът **1** се подава периодично по ос  $X_1$ . Описаната технология за многооперационно обработване на една установка, в примера за цилиндрични и дълги конусни повърхнини на центрови детайли **11**, е нов технологичен метод за профилно шлифване. При едновременна интерполация между осите на машината може да се шлифват разнообразни сложни контури на ротационни детайли с подходящо профилиран инструмент.



Фиг. 2 Надлъжно шлифване на конусна повърхнина след интерполационно препозициониране на седлата

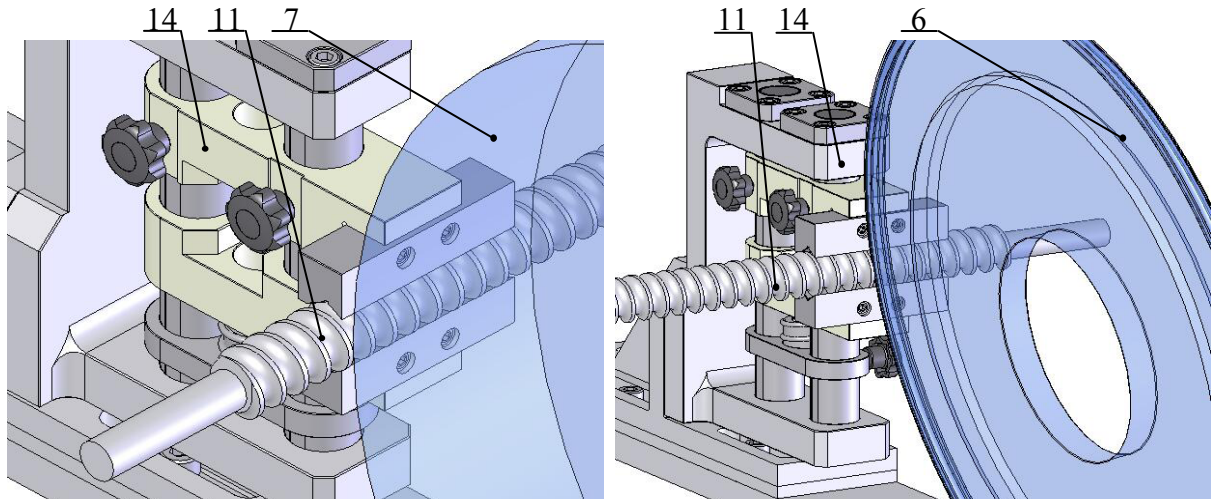
## 3. Струговане и шлифване на резби на една установка при използване на подвижен люнет

На фигура 3 машината е показана в поглед отгоре, при позиция  $A_2$  на супорта **1**, в момент на шлифване на външна резба на детайл **11** с ниска стабилност. Супортът **1** е окомплектован на модулен принцип с мотор-вретено **5**, завъртащо се около ос  $C_1$ . То се придвижва във вертикално направление по ос  $V_1$ . Към двата му края са установени абразивни инструменти **6** и **7** с различни профили за външно обработване и за резбошлифване. Вретената **12** на седлата **2** и **3** могат да се завъртат също ръчно или автоматично около оси  $C_2$  и  $C_3$  и да се преместват във вертикална посока по осите  $V_2$  и  $V_3$  за двустранно шлифване на резби на отвори. На мястото на показаната позиция за вретеното **5** може да се монтира използваната често при резбошлифване модулна група само с един диск. Той се монтира по средата на вретеното. При шлифване на резби с различен наклон на винтовата линия вретеното се завърта по ос  $C_1$ , около контактната точка на диска с детайла **11**, която лежи в хоризонталната равнина на линията на центрите на машината. В този случай не е необходима ос  $V_1$ . При резбошлифване седлата **2** и **3** се преместват синхронизирано по оси  $Z_2$  и  $Z_3$ . Нестабилният детайл **11** се поддържа от призматична опора **22**, установена върху направляващата **34**, **15** или към тялото на машината, или от подвижен люнет **14**. При такава конструкция и разположение на елементите на технологичната система се реализира нов метод за обработване и шлифване на резби на валове с ниска стабилност на една установка.



Фиг. 3 Струговане и шлифоване на резби на една установка при поддържане с подвижна люнетна опора

На фигура 4 е показано в аксонометрия комбинираното приложение на изяснения по-горе нов метод за резбошлифоване с технологията за двустранно поддържане [4] на обработваната повърхнина с помощта на подвижен люнет **14**. Вляво е изобразено външно шлифоване на цилиндричната повърхнина на дълъг подавателен винт **11** от сачмено-винтова двойка с помощта на левия диск **7** с прав профил на вретеното **5** (от фиг. 3). Вдясно е илюстрирано шлифоването на резбата с наклонения профилен диск **6** след препозициониране на супорта **1** и вретеното **5** (от фиг. 3).

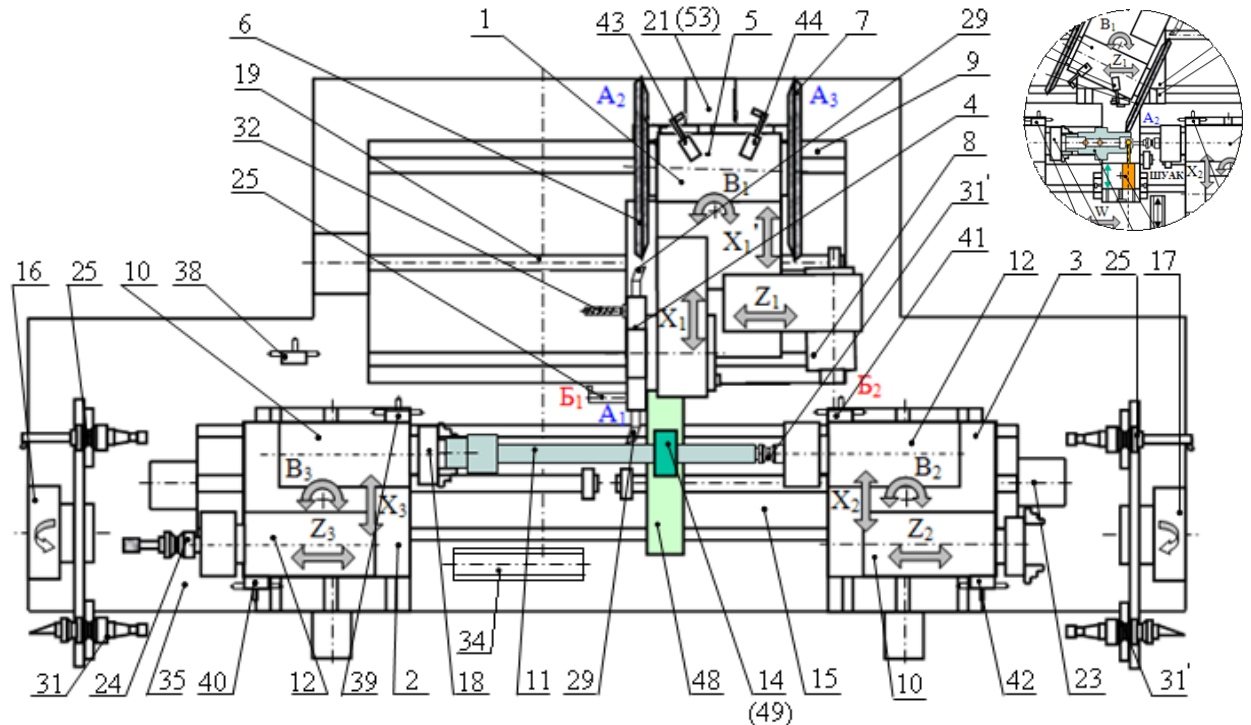


Фиг. 4 Последователно външно кръгло и резбошлифоване при двустранно поддържане на подавателен винт с ниска стабилност с помощта на подвижен люнет

#### 4. Методи за поддържане на нестабилни детайли с подвижни люнети

На фигура 5 машината е показана в поглед отгоре, при позиция  $A_1$  на супорта **1**. Илюстрирани са възможностите на нов метод за поддържане на нестабилни центрови или патронникови детайли **11** с ниска стабилност при външно струговане и шлифоване на една установка с помощта на схемно изобразен

подвижен люнет 14. Той се установява върху удължение 48 на напречната направляваща на супорта 1. По този начин тя е стабилно базирана и се води едновременно върху надлъжните направляващите 9 и 15. Инструментите: стругарски нож 29, шлифовъчен диск 6 или 7 или други са относително подвижни спрямо детайла 11 при изпълнение на надлъжните движения от супорта 1 (при струговане) или при синхронизираното, или самостоятелно преместване (при шлифоване) на предното 2 и задно 3 седло по оси  $Z_2$  и  $Z_3$  спрямо относително неподвижния супорт 1. При струговане на надлъжно неподвижен детайл 11 активни са осите  $X_1$  и  $Z_1$ . За примера при шлифоване седлата 2 и 3 се движат синхронизирано, а супортът 1 извършва подавателните движения по ос  $X_1$ . При много дълги заготовки 11 подавателните движения при окончателно обработване могат да се извършват от супорта 1 по осите  $Z_1$  и  $X_1$ .

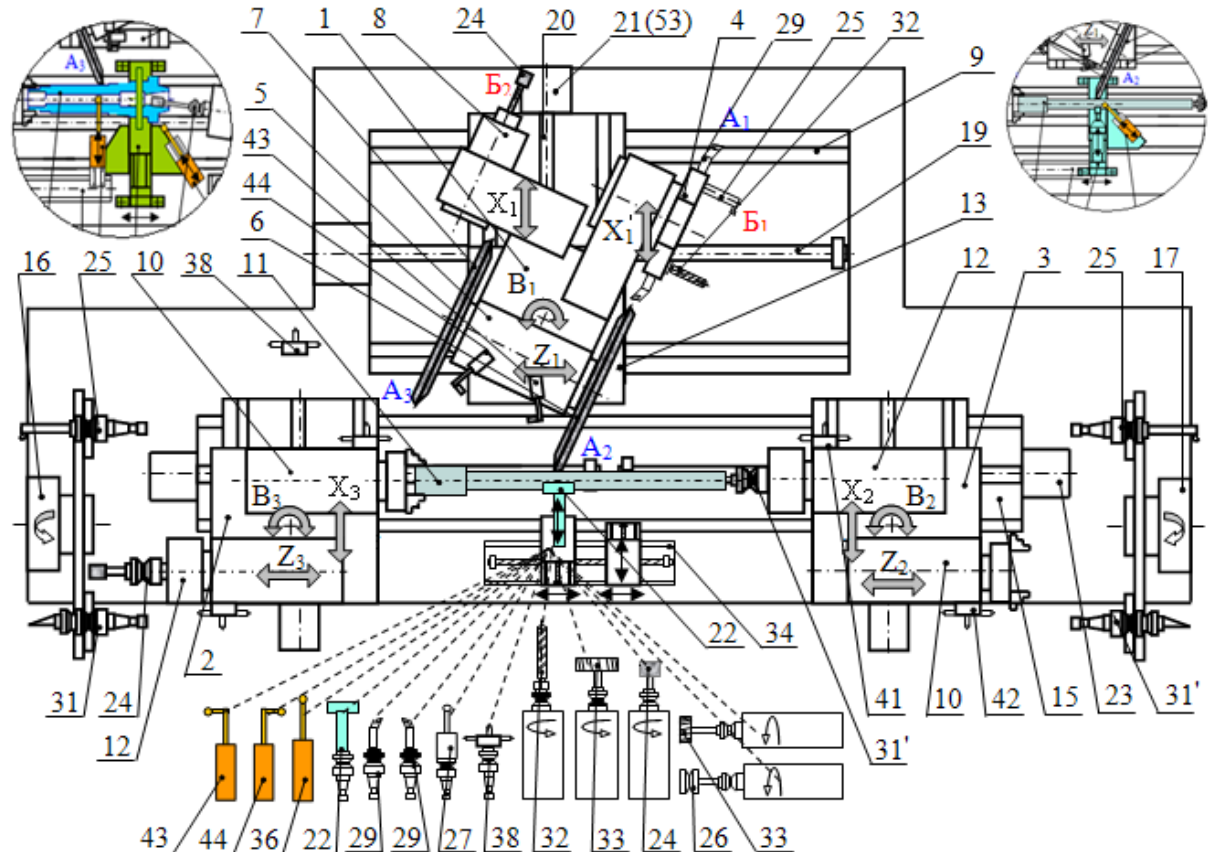


Фиг. 5 Поддържане на нестабилен детайл с подвижен люнет установен към супорта

На фигура 5, горе вдясно, е показан частичен поглед на работната зона на машината в момент на едновременно вътрешно и външно шлифоване на патронников детайл, установен в предното седло. Надлъжното обработването на външните цилиндрични повърхнини, в позиция  $A_2$  на супорта, се извършва при осъществяване на активен контрол с широкообхватно устройство (ШУАК). Активни са осите  $X_1$ ,  $Z_3$  (или  $Z_1$ ),  $X_2$  и  $Z_2$ . ШУАК е монтирано върху удължението 48 на надлъжната шейна на супорта, която се води едновременно върху направляващите 9 и 15. Аналогичната технология за придвижване на ШУАК в надлъжно направление дава възможност за осъществяване на нов метод за контрол и адаптивно управление на заготовките и шлифованите детайли преди, по време и след тяхното обработване.

На фигура 6 машината е показана в поглед отгоре, при позиция  $A_2$  на супорта 1, в момент на надлъжно шлифоване на детайл 11 с ниска стабилност. Той е установен в патронника на предното седло 2 и се поддържа от заден център 31'. Илюстрирано е прилагането на нов метод за многооперационно надлъжно обработване на стройни заготовки при поддържането им от призматична люнетна опора 22. Стругването и шлифоването се изпълняват на една установка. Стабилната и лесна за изпълнение в метал опора 22 е установена неподвижно върху направляващата 34. При надлъжно обработване на центрови детайл 11 тя го поддържа винаги в зоната срещу използвания инструмент 6 или 7 или в непосредствена близост срещу стругарския нож 29. Така се възпрепятства неговото огъване от силите на рязане. За цикъла на обработване е характерно следното: след всеки пореден надлъжен ход използваният инструмент 6, 7 или 29 се подава напречно по ос  $X_1$  или  $X_1$  на програмираната дълбочина на рязане  $\Delta$  и зачиства стъпало в края на детайла 11. За възстановяване на контакта с опорната призма 22 седлата 2 и 3 се преместват синхронизирано по осите  $X_2$  и  $X_3$  на същата величина  $\Delta$ . (За подаване на сигнал към системата за ЦПУ за момента на допир на призмата до детайла могат да се използват датчици за докосване от различен вид, монтирани към призмата). Инструментът 29, 6 или 7 отново се подава на разстоянието  $\Delta$  в същата посока за възстановяване на диаметъра за статично настройване. Следва отработване на поредния надлъжен ход при синхронизирано движение на седлата по осите  $Z_2$  и  $Z_3$ . Предимството на тази технология за поддържане на нестабилни *стъпални* детайли е липсата на необходимост от автоматично поднастроиваем люнет. За поднастроиване се използват цифрово управляемите оси на машината преди всеки ход. Върху направляващата 34, на мястото

на опората **22**, могат да се установяват ръчни или автоматично поднастроиваеми люнети , или изображените с позиции: устройства за осево позициониране **43** и **44**, устройства за активен контрол **36**, статично разположени стругарски ножове **29**, измервателни глави **27**, блокчета **38** с диамантни изравнители за профилиране на абразивни инструменти **6**, **7** или **24**, вретена с различно ориентиране за придаване на въртливо движение на свредла **32**, фрези **33** за ротационно, цилиндрично или челно фрезование, шлифовъчни инструменти **24** и диамантни ролки **26**. В горния десен ъгъл на фигурата е показано надлъжно шлифование с активен контрол на строен детайл при поддържането му от подвижен люнет, установен към тялото на машината. Горне вляво на фигура 6 е показан друг пример за едновременно външно и вътрешно шлифование на типов детайл - вретено за металорежеща машина с прилагане на активен контрол и неподвижен люнет.



Фиг. 6 Поддържане на нестабилен детайл с подвижен люнет установен към тялото на машината

## 5. Заключение

Компоновката на центъра за многооперационно обработване дава възможност за реализиране на представените нови технологични методи в следните области: профилиране на абразивни дискове с диамантни инструменти, шлифование на профилни повърхнини, струговане и шлифование на резби на една установка, поддържане на нестабилни стъпални детайли с подвижни призматични опори или люнети и активен контрол и адаптивното управление на процесите.

## 6. Литература

1. Стоев Л. Тангенциално заточване на абразивни инструменти с диамантни ролки, дисертация, ТУ-София, 1996 г.
2. Стоев Л. Метод и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли, част 1: Описание на метода и машината, научна конференция с международно участие ТЕХСИС'2009, ТУ-София, филиал Пловдив, 29 – 30 май 2009, под печат
3. Стоев Л. Метод и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли, част 2: Активен контрол и адаптивно управление, научна конференция с международно участие ТЕХСИС'2009, ТУ-София, филиал Пловдив, 29 – 30 май 2009, под печат
4. Стоев Л., Ст. Христов Метод и технологична екипировка за двустранно поддържане на нестабилни детайли при надлъжно шлифование, международна научна конференция „Авангардни машиностроителни обработки”, АМО 2008, 18-20 юни 2008 г., Кранево, сборник доклади, стр. 295-300