



COLD ROLLING TOOLS. TURNING, PLASTIC DEFORMATION AND GRINDING OF WORKPIECES OF A SINGLE CLAMPING

Lachezar STOEV, Ivan TURLAKOV

Abstract: The paper presents preliminary designs of cold rolling tools for profile surfaces for CNC machines. It offers a technological plan for numerically controlled two-sided turning, plastic deformation and final processing of rotationally symmetric details of a single clamping, using multi-purpose machines. The technological plan guarantees uniformity of the machining allowance in the multi-passage cycles of the executed operations and represents a prerequisite for a significant boost in productivity, the accuracy of shape and size.

Key words: numerically controlled rolling, roll bending, surface plastic deformation (SPD) tools, multi-purpose machines, flexible automated production system (FAPS)

ИНСТРУМЕНТИ ЗА СТУДЕНО ВАЛЦОВАНЕ. СТРУГОВАНЕ, ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ И ШЛИФОВАНЕ НА ЕДНА УСТАНОВКА

Лъчезар СТОЕВ, Иван ТУРЛАКОВ

Резюме: В публикацията са представени идейни проекти на инструменти за студено валцоване на профилни повърхнини за металорежещи машини с ЦПУ. Предложен е технологичен маршрут за цифрово двустранно струговане, пластично деформиране и окончателно обработване на ротационно-симетрични детайли на една установка при използване на многофункционални машини. Технологичният замисъл гарантира равномерност на прибавките при многопроходните цикли на изпълняваните операции и е предпоставка за съществено увеличаване на производителността, точността на формата и размерите.

Ключови думи: цифрово валцоване, ролковане, инструменти за ППД, многофункционални машини, ГАПС

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Гладкото валцоване (ролковане) е метод за студено деформиране на детайли от пластични материали. То се прилага, когато е необходимо повърхностно уякчаване и малка грапавост на обработваните повърхнини, която не може да се постигне при операцията струговане. Инструментите за валцоване се използват при различни металорежещи машини: бормашини, стругове, обработващи центри и други. Обработените повърхнини имат ниска грапавост и висока носеща способност. Методът се характеризира с кратки времена за обработване, малък шум и с екологична технология, поради липсата на стружки и отпадъчни материали. Използва се успешно за предотвратяване на умора на материалите при циклични натоварвания, за отстраняване на микрограпавини, корозионни напуквания и за намаляване на разликите във вътрешните напрежения. В случаите, когато не се изисква висока точност на размерите, той може да се прилага като алтернативна технология на методите за окончателно обработване.

Целта на настоящата публикация е представяне на идейни проекти на инструменти за валцоване на профилни повърхнини за металорежещи машини с ЦПУ. В работата се предлага технологичен маршрут за цифрово струговане, студено пластично деформиране и окончателно обработване (шлифоване, хонинговане или полиране) на една установка, при използване на многофункционални машини от рода на S242 (CombiGrind h) [1], [2] и други. Идеята за тази технология е продиктувана от възможността да бъде заменено обемното закаляване с ролковане, при съобразяване на служебното предназначение на детайлите. Предимствата на предлагания маршрут се състоят в съществено увеличаване на производителността, поради съкращаване на подготвително-заклучителните времена при използване само на една машина. Технологичният замисъл гарантира равномерност на прибавките при многопроходните цикли на изпълняваните операции и е предпоставка за очаквана висока точност на формата и размерите, поради обработването на детайлите на една установка.

При съвременните инструменти за гладко валцоване, фиг. 1 на реномираните фирми Ecoroll [3] и Baublies [4], упражняваната сила се предава върху деформиращата ролка през пружини. Тя може да се настройва при промяна на положението на инструмента спрямо заготовката. Използваните подавания на супортите по осите X, Z и Y са в диапазона 0,05-0,3 mm/об. Скоростта на ролковане достига до 100 m/min [4]. Заготовките трябва да имат дълбочина на грапавините до 15 µm и максималната им твърдост не трябва да надвишава 45 HRC [4]. Инструментите обикновено са съоръжени с тарирани измервателни часовници, с помощта на които се настройва и отчита стойността на деформиращата сила. Грапавостта на обработените повърхнини достига до стойност Rz 0.2 µm. Едноролковите инструменти са универсални за приложение, защото могат да валцоват заготовки с различен диаметър и размери.



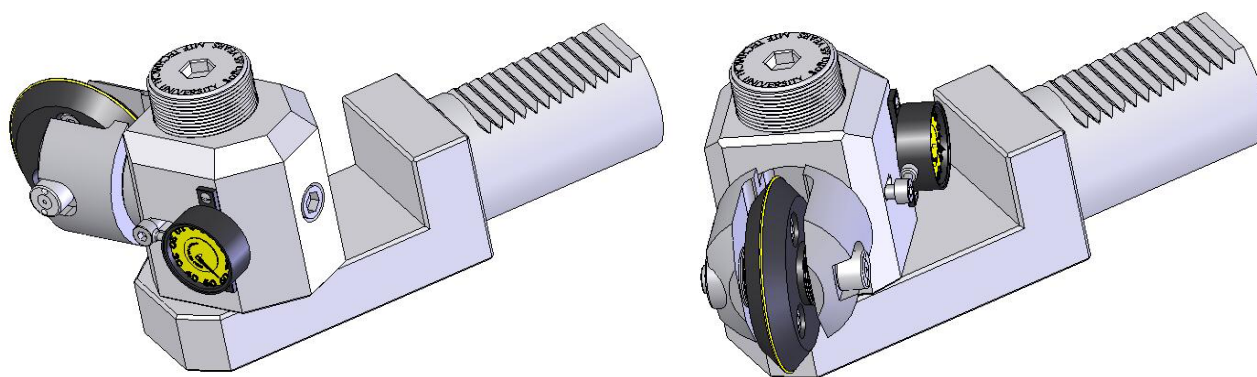
Фиг. 1 Инструменти за гладко валцуване на германските фирми Ecoroll AG [3] и Baublies AG [4]

2. ПРОЕКТИ НА ИНСТРУМЕНТИ ЗА ВАЛЦОВАНЕ

2.1. Едноролков инструмент със съставна деформираща ролка

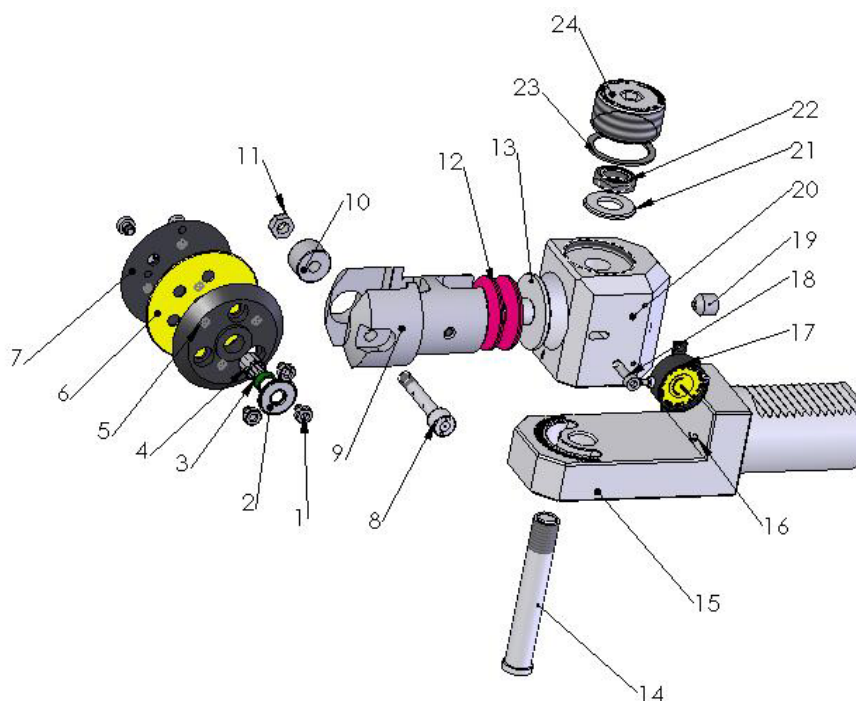
В публикацията се представят няколко идейни проекта на инструменти за цифрово ролковане, конструкциите на които са повлияни от разработките на водещите фирми [3] и [4]. Авторите нямат претенции за създаване на качествено нови видове инструменти за валцоване, а в подобряване на някои от характеристиките им, с оглед бъдещи експериментални изследвания и разширяване на областта на технологичното им приложение.

В настоящата работа акцент е поставен на представения на фиг. 2 одноролков инструмент. Той се отличава с възможността за промяна на установъчните ъгли на ролката в диапазона ± 90 градуса и използване на съставен деформиращ елемент. Инструментът е илюстриран с VDI-държач за стругове с ЦПУ. Може да бъде изработен с модулни присъединителни елементи тип „лястовича опашка” или HSK-държач.



Фиг. 2 Едноролков инструмент със съставна деформираща ролка

Елементите от конструкцията на инструмента са показани на схемата за сглобяване на фиг. 3.

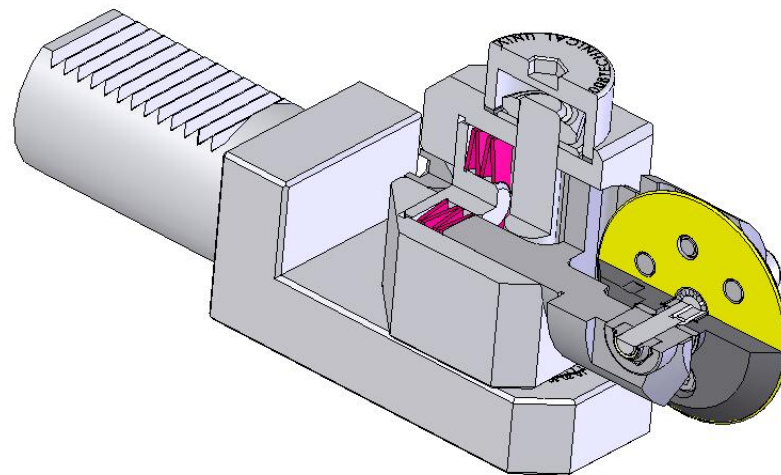


Фиг. 3 Схема за сглобяване на одноролков инструмент за гладко валцоване

Основните детайли са: държач - поз. 15, тяло - поз. 20, вилка - поз. 9, съставна ролка (поз. 5, 6 и 7) и измервателен часовник - поз. 17. Инструментът разполага с гравирани нониусна скала за бърза промяна на ъгъла на установяване на валцовачия елемент. В конструкцията е вграден пакет от тарелчати пружини, поз. 12 за регулиране на силата на притискане. Деформиращата ролка е съставна и се състои от три детайла: работна ролка, поз. 6 и две поддържащи конусни шайби, поз. 5 и 7. Валцовачият елемент е с радиусно закръгление, което може да има плавен преход към двете челни повърхнини. Тази опростена и технологична конструкция на работната ролка ще се отрази благоприятно върху нейната цена. Тя може да се изработи от закалена легирана стомана, от твърда сплав или други материали. След износване или при необходимост от промяна на радиуса на закръгление се подменя само работната ролка.

За по-добро онагледяване на конструкцията е приложен частичен разрез на инструмента на фиг. 4. Показан е пакетът от тарелчати пружини и лагеруването на работната ролка.

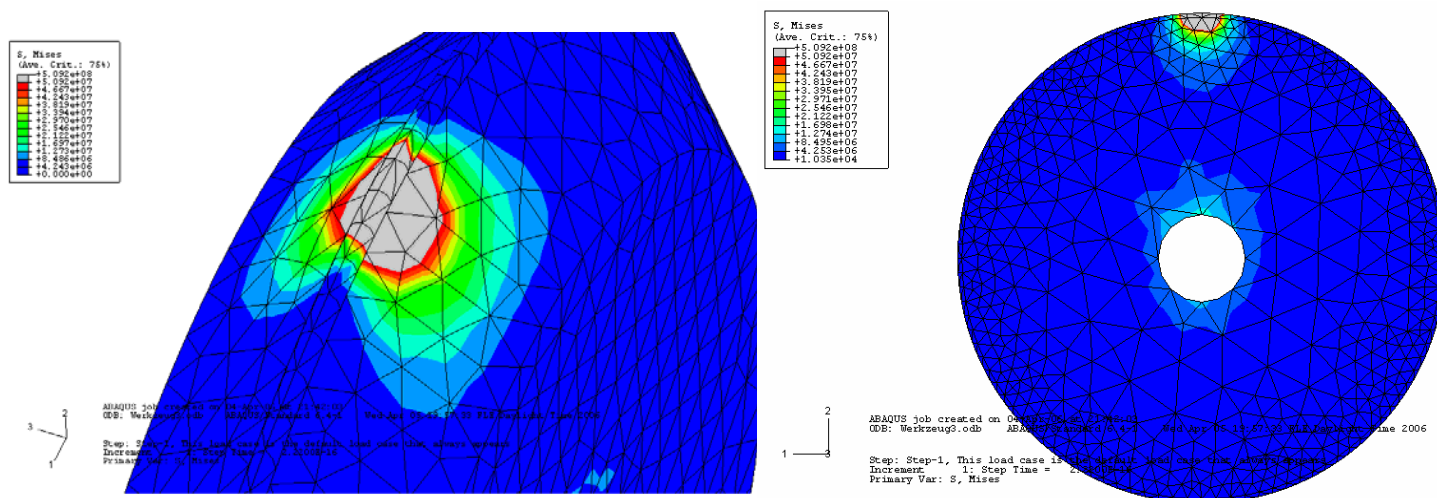
Съществува известна аналогия между разположението на режещия клин на стругарски нож и ролка за валцоване в надлъжно сечение спрямо обработвания детайл. Влиянието на геометрията и разположението на стругарските ножове върху сечението на срязвания слой, грапавостта на обработваната повърхнина, трайността и стабилността на инструментите и върху много други фактори е известно отдавна. Представената конструкция на инструмент позволява провеждане на експерименти за оценяване на влиянието на установъчните ъгли и геометрията на деформиращата ролка върху грапавостта, точността и трайността на използвания инструмент при различни режими на контурно цифрово валцоване на ротационно-симетрични детайли с произволен профил и размери - област, която досега не е напълно изследвана.



Фиг. 4 Частичен разрез на едноролков инструмент за гладко валцоване

2.2. Симуляционно моделиране на силово-деформационното поведение на валцовачата ролка

За оценяване на силово-деформационното поведение на валцовачата ролка на инструмента се извърши симуляционно моделиране с помощта на софтуерния продукт Abaqus. Целта на проведените експерименти е установяване на допустимите силови натоварвания на ролката при валцоване, преди настъпване на остатъчни деформации на работната ѝ повърхнина. Като материал на ролката при симуляционното моделиране се избра лагерна стомана ШХ15. Поддържащите конусни шайби са от стомана 40X. На фиг. 5 са показани с различен цвят получени резултати за разпределението на сравнителните напрежения по повърхността на комбинираната ролка и в напречно сечение на работния ѝ профил. Оцветените в сиво зони са най-натоварените участъци. При проведените изследвания отчетените максимални стойности на напреженията достигнаха до 510 МПа. Критичните стойности за избрания материал са над 4200 МПа, което показва, че отчетените резултати гарантирано са в еластичната област. Данните от проведеното моделиране доказват, че изборът на материал на ролката е подходящ за изпълнение на служебното ѝ предназначение.

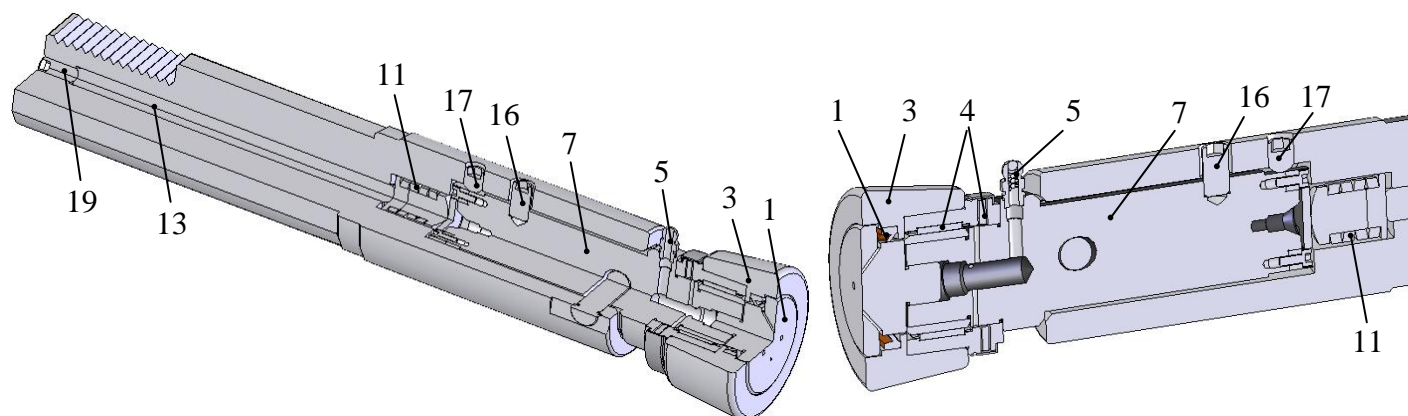


Фиг. 5 Резултати от изследване на силово-деформационното поведение на валцовача ролка

В условията на гъвкаво производство могат да се валцоват детайли с различни профили и произволна последователност, ако в револверните глави на машините се установяват леви и десни инструменти за ролковане, с еднакви или различни радиуси на закръгление, установъчни ъгли и „ъгли на заостряне“. Процесът може да се раздели на грубо и чисто ролковане. За повишаване на точността при валцоване с повече от един инструмента авторите предлагат упражняваната деформираща сила да се настройва статично или динамично по цилиндрична и челна повърхнина на установен в работната зона закален еталонен детайл без радиално и челно биене. Това би могло да бъде и първият детайл от партидата с двустранно валцовани две челни и цилиндрични повърхнини. Разликите в позициите на различните инструменти по осите X и Z, при еднаква настроена деформираща сила, трябва да се въвеждат като корекции в Offset-регистрите на машината с ЦПУ, както това се прави при настройване на стругарски ножове. Биха могли да бъдат използвани и други известни методи и екипировка за настройване на инструменти на самата машина или извън нея. Инструментите за ролковане могат да разполагат с модулни опашки или държачи, осигуряващи възможност за автоматичната им смяна с автооператори във вретена или револверни глави.

2.3 Инструмент за валцоване на отвори и външни повърхнини с конусна ролка

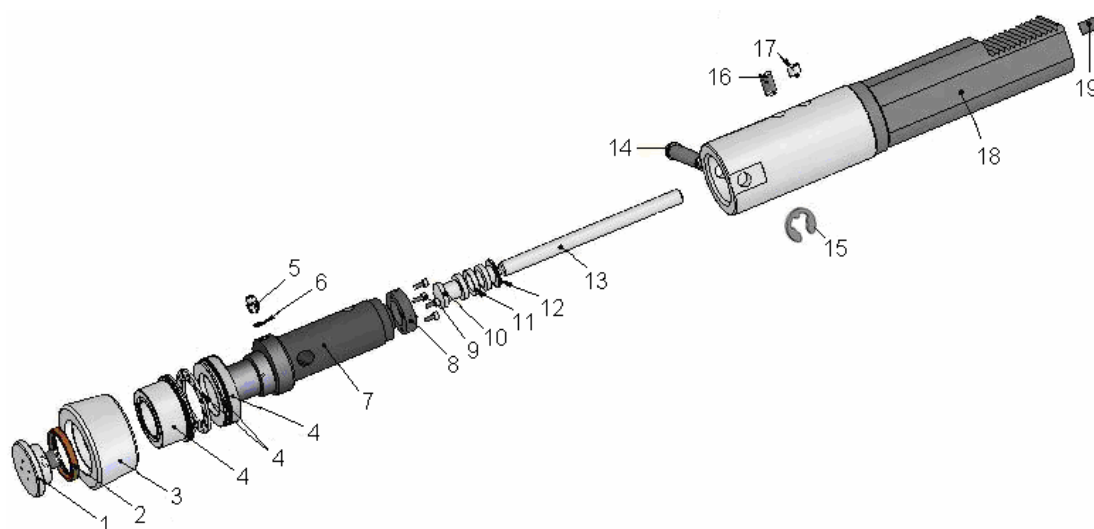
На следващата фиг. 6 е илюстриран в два разреза идеен проект на друг вид едноролков инструмент, който може да се прилага за валцоване на стъпални отвори и външни повърхнини на детайли с размери, съобразени с неговата дължина, разположение и габарити.



Фиг. 6 Инструмент за валцоване на отвори и външни повърхнини с конусна ролка

Валцоващата ролка, поз. 3 е лагерирана на комбиниран радиално-аксиален лагер, поз. 4, който се смазва принудително по система от канали от гресьорката, поз. 5. Детайлът, поз. 7 може да се поднастройва ъглово на ± 2 градуса. Това допринася за оптимизиране на разположението на ролката при валцоване на цилиндрични или челни повърхнини. За регулиране на натяга на пакета от тарелчати пружини, поз. 11 се използва винтът, поз. 19. При завиването му по оста се премества пръта, поз. 13. Между отвора на детайла, поз. 7 и оста, около която той се завърта, има аксиална хлабина от няколко милиметра. Тя е равна на тази между винта, поз. 16 и отвора за него в корпуса на инструмента.

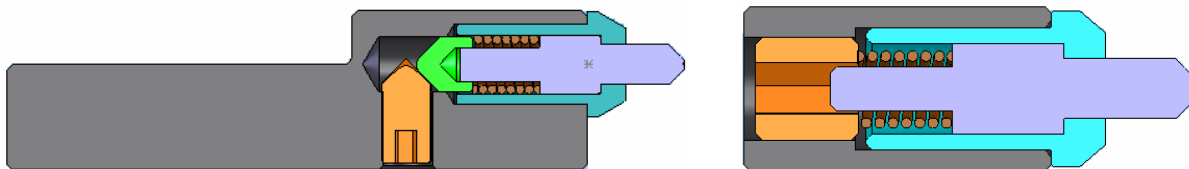
На фиг. 7 е показана схемата на сглобяване на използваните елементи от конструкцията на инструмента.



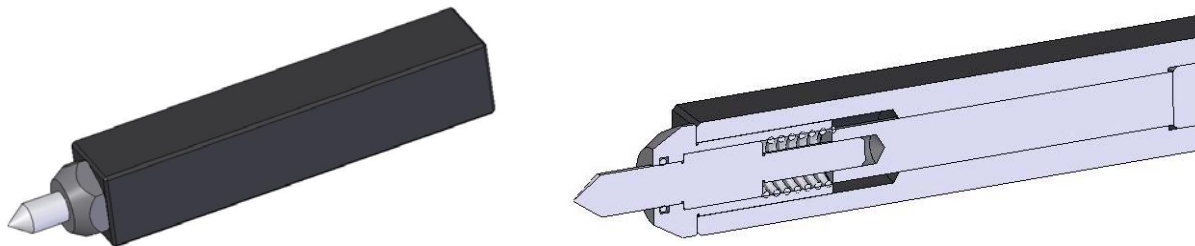
Фиг. 7 Схема на сглобяване на инструмент за валцоване на отвори и външни повърхнини

2.4 Диамантен инструмент за валцоване

За разширяване номенклатурата на технологичната екипировка за провеждане на бъдещи експерименти се разработи идеен проект на конструкция на диамантен инструмент. На фиг. 8 са дадени две схеми на възможни решения за регулиране на силата за валцоване. Конструкцията на диамантния инструмент на фиг. 9 е повлияна от аналогични решения на фирмата Escoroll.

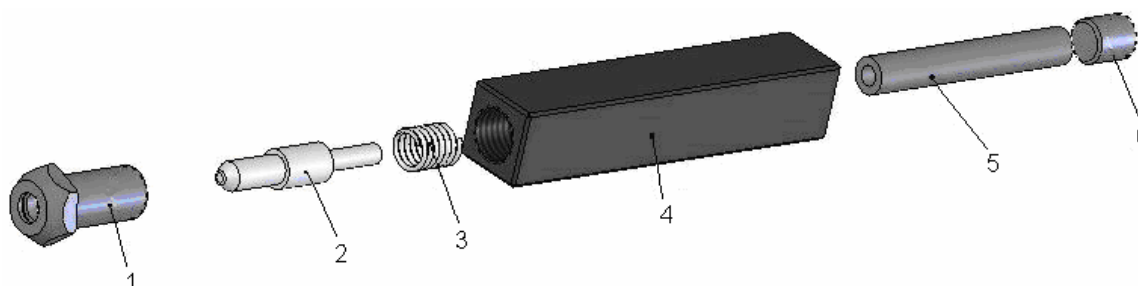


Фиг. 8 Принципни решения за регулиране на силата на валцоване



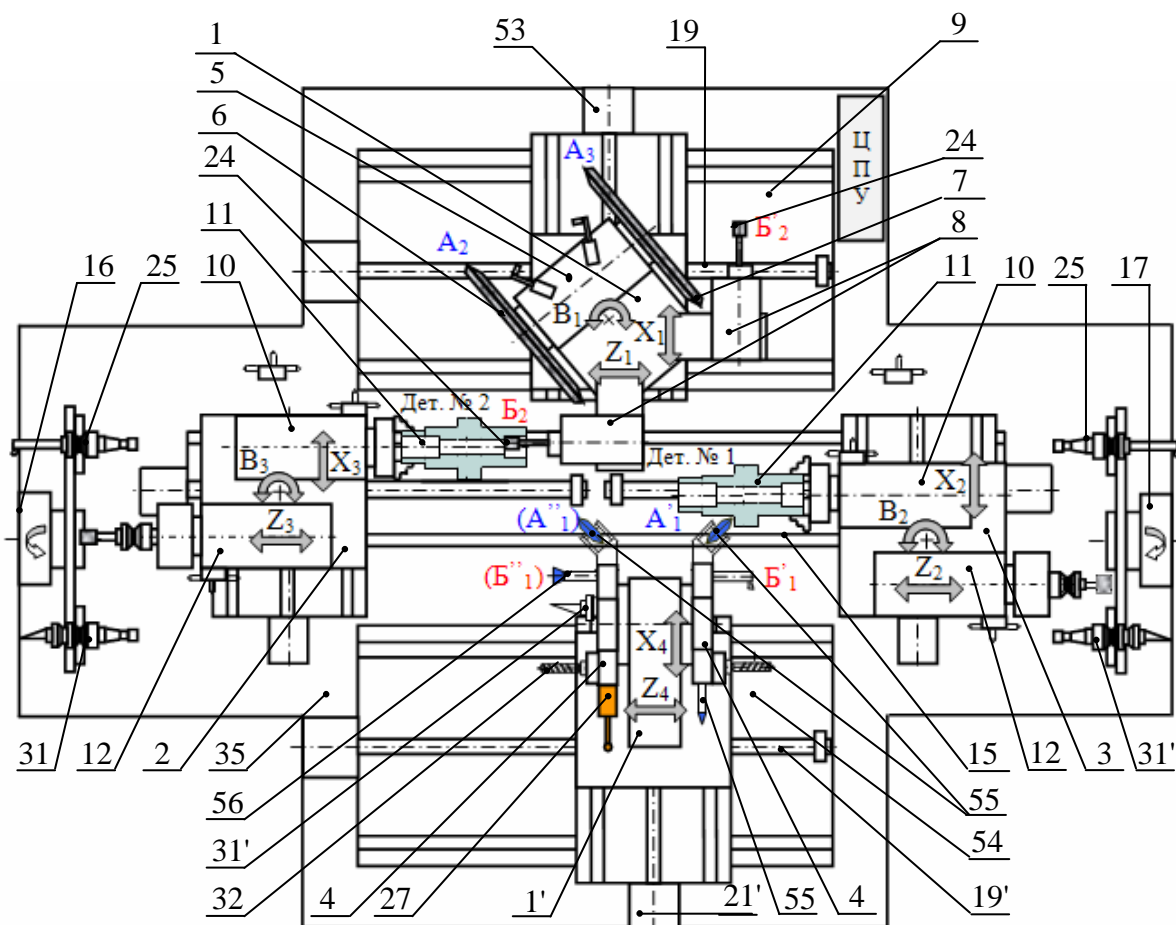
Фиг. 9 Общ вид и разрез на диамантен инструмент за валцоване

Към върха на плунжера, поз. 2 на приложената схема за сглобяване на фиг. 10, предварително се монтира или запоява диамантът за валцоване. Силата за пластично деформиране се регулира посредством винта, поз. 6. При неговото завиване се свива цилиндричната пружина, поз. 3 и се увеличава силата за валцоване.



Фиг. 10 Схема на сглобяване на диамантен инструмент за валцоване

3. СТРУГОВАНЕ, ПЛАСТИЧНО ДЕФОРМИРАНЕ И ШЛИФОВАНЕ НА ЕДНА УСТАНОВКА



Фиг. 11 Многофункционална машина. Синхронизирано обработване на два детайла [2]

При илюстрираната компоновка на фиг. 11 [2] е възможно синхронизиране на различни операции по време. Двата супорта са силово разпределени за грубо и окончателно обработване. На фигурата е показано едновременно изпълнение на вътрешно шлифоване на отвор на детайл № 2, (след извършено ППД с инструмент, поз. 5б), установен в предното седло и цифрово ролковане на външния контур на втора заготовка, установена в срещуположното вретено на задното седло. (На детайла, отбелязан на фигурата с № 1, предстои външно шлифоване с наклонения диск, поз. 6). На представената машина може, след чисто струговане или разстъргване, при едно и също установяване, да се извърши повърхностно уякчаване на отвори или външни профилни повърхнини преди операциите за окончателно обработване (шлифоване, хонинговане или полиране). Възможно е да се използва цялото разнообразие от инструменти за цифрово ППД, установени в револверните глави, поз. 4.

При изпълнение на многопроходните цикли на всички изпълнявани операции на една установка се осигурява равномерност на прибавките. Това е предпоставка за постигане на висока точност на формата и размерите. Цялостното обработване на ротационно-симетрични детайли при едно базиране води до съществено увеличаване на производителността, поради съкращаване на подготвително-заключителните времена. При използване на илюстрираната машина могат цялостно гъвкаво да се обработват различни патронникови или центрови детайли в произволна последователност. Допълнителните технологични възможности и осигурявани методи отличават представената компоновка от съвременните аналози на многооперационни центри, като например S242 (CombiGrind h) [1] на фирмите Studer и Schaudt.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата публикация са представени идейни проекти на инструменти за гладко валцоване. Те са разработени за провеждане на експерименти за оценяване на влиянието на геометрията и ориентацията на деформиращите елементи върху точността и грапавостта на обработваните детайли. Основният акцент е поставен върху инструмент за валцоване със съставна деформираща ролка и възможност за промяна на главния установъчен ъгъл в диапазона ± 90 градуса.

В условията на автоматични линии и ГАПС обемното закаляване на ротационно-симетрични заготовки може да бъде заменено с повърхностно пластично деформиране, когато това е съобразено със служебното предназначение на детайлите. В тези случаи може да се изпълни технологичният маршрут: струговане, ролковане и окончателно обработване (шлифоване, хонинговане или полиране) на една установка. Внедряването на тази технология при многофункционални машини, от вида на представената в публикацията, ще доведе до съществено повишаване на производителността, точността на формата и размерите на обработваните детайли в условията на серийно и гъвкаво производство. В работата е предложен технологичен подход за използване на повече от един инструменти за цифрово ролковане на сложни профилни повърхнини и са дадени препоръки за тяхното настройване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационен сайт на германското сдружение Schleifring Gruppe на фирми в областта на производството на шлифовъчни машини в рамките на концерн Körber Schleifring, <http://www.schleifring.net>, 17.03.2008
2. Стоев Л. Метод и машина за многооперационно обработване на стъпални ротационни детайли, част 5 Технология за синхронизирано обработване на два патронникови детайла, международна научно-техническа конференция АМО 2010, 27-29 юни 2010 г., Международен дом на учените "Ф. Ж. Кюри", Варна, курорт "Св. Св. Константин и Елена", под печат
3. Информационен сайт на германската фирма за инструменти за пластично деформиране Ecoroll AG, <http://www.ecoroll.de>, 19.05.2010
4. Информационен сайт на германската фирма за инструменти за пластично деформиране Baublies AG, <http://baublies.com>, 19.05.2010

Кореспонденция:

доц. д-р Лъчезар СТОЕВ
ТУ-София, Машинно-технологичен факултет, катедра ТМММ,
1000 София, бул. „Кл. Охридски“ № 8, Р България,
e-mail: lstoev@tu-sofia.bg

маг. инж. Иван ТУРЛАКОВ
фирма Тексимп,
1138 София, бул. „Самоковско шосе“ № 1, Търговски център „Боила“, Р България,
e-mail: ivan.turlakov@teximp.com