



MODELING OF THE AXIS DEVIATION OF LOW STABILITY PARTS SUPPORTED WITH A PRISM

Lachezar STOEV, Stoyan HRISTOV

Abstract: This paper presents results of simulation modeling of the radial deviation by supporting low stability parts in a prism. The experiments showed that the generated deviations in the form of the parts in cross section have a different effect on the researched parameter. It is determined the influence of the angle of the supporting prism over the radial deviation and over the form accuracy of the part. It is created a model determining the stress-strain behavior of the supporting prism by loading with forces of different size and direction.

Key words: simulation modeling, radial deviation, steady rest, form accuracy, stability

МОДЕЛИРАНЕ БИЕНЕТО НА ОСТА НА ДЕТАЙЛ С НИСКА СТАБИЛНОСТ ПРИ ПОДДЪРЖАНЕТО МУ С ПРИЗМА

Лъчезар СТОЕВ, Стоян ХРИСТОВ

Резюме: В публикацията са представени резултати от симулационно моделиране на биенето на осите на заготовки с ниска стабилност при поддържането им с призма. При проведените експерименти е установено, че генерираните грешки във формата на детайлите в напречно сечение, оказват различно влияние върху изследвания параметър. Определено е влиянието на ъгъла на призмата върху биенето на оста и точността на формата на детайла. Създаден е модел за определяне на силово-деформационното поведение на опорната призма при натоварване със сили с различна големина и направление.

Ключови думи: симулационно моделиране, биене, люнет, точност на форма, стабилност

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Съществува аналогия в начина на поддържане на заготовките при безцентрово шлифоване и метода за обработване на детайли с ниска стабилност с подвижен люнет и призматична опора [1]. Поради сложността на теоретичното моделиране на процеси, подобни на споменатите, настоящата публикация няма претенции за представяне на модел, който в пълнота да изяснява сложния механизъм за получаване на точна цилиндрична повърхнина от многостенна форма на заготовката, което досега не се е отдало на учените и експериментаторите. При надлъжно шлифоване на детайли с ниска стабилност с подвижен люнет [1] детайлът не се базира по неговата външна повърхнина, както при безцентровото шлифоване. Той се установява между центри и преди всеки надлъжен ход поддържащата го призма се поднастройва по врезно шлифована шийка в един от двата му края. Това е калибровано при отискването стъпало, което има висока точност на формата в напречно сечение. То се оформя в близост до предното или задно седло, където детайлът има висока стабилност. При надлъжно шлифоване на заготовки с голяма дължина и малък диаметър е възможно да се получат отклонения в точността на формата им в напречно сечение, породени от принудени трептения, загуба на режеща способност на инструмента, неподходящо избрани режими на рязане, податливост на елементите на технологичната система и други.

2. Симулационно моделиране

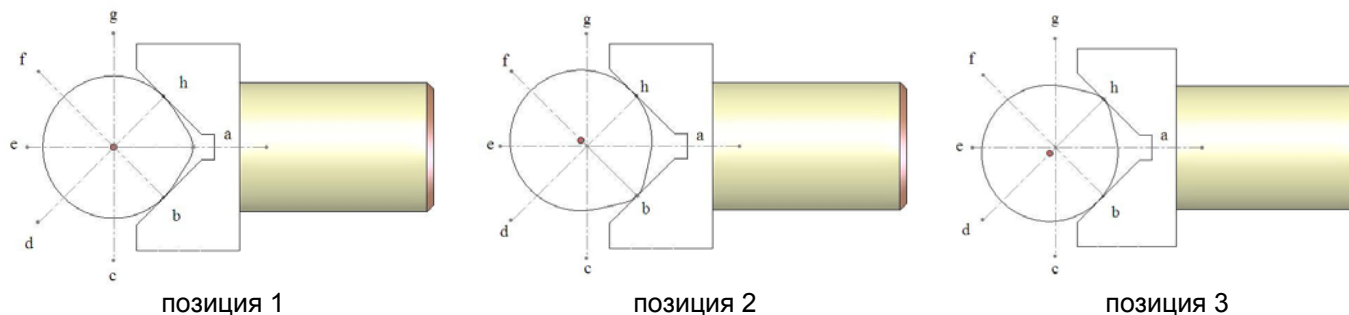
Целта на създадения симулационен модел е да се определи влиянието на евентуално възникващи грешки във формата на детайлите в напречно сечение, по време на процеса на обработване, върху биенето на техните оси, което се отразява върху получаваните отклонения от кръглост.

Задача на моделирането е да се установи влиянието на различни видове отклонения в точността на формата на детайла в напречното му сечение върху биенето на неговата ос, известно и като "биене на напречното сечение". С помощта на модела бе симулирано поддържането на детайли с различна форма на напречните им сечения с помощта на призматични опори с ъгли от 90°, 115° и 60°. Първият използван ъгъл е избран поради улесненията за технологичното изработване на опорната призма и поради разположението на резултантната сила на рязане. За втората проведена серия от експерименти бе избран ъгъл от 115° по препоръка на експерти в областта на методите за окончателно обработване. Третият ъгъл от 60° беше избран с оглед оценяване на влиянието и на по-малки ъгли върху интересуващото ни „биене на напречното сечение“ на детайла.

При моделирането се генерираха различни отклонения във формата на заготовките в напречно сечение. Създадох се многостенни форми, като се прие равно отдалечено ъглово разположение на техните върхове. Последните се допират до описана около многоъгълника окръжност и имат еднакви височини. При разработения модел многостенните детайли са в непрекъснат контакт с двете наклонени стени на

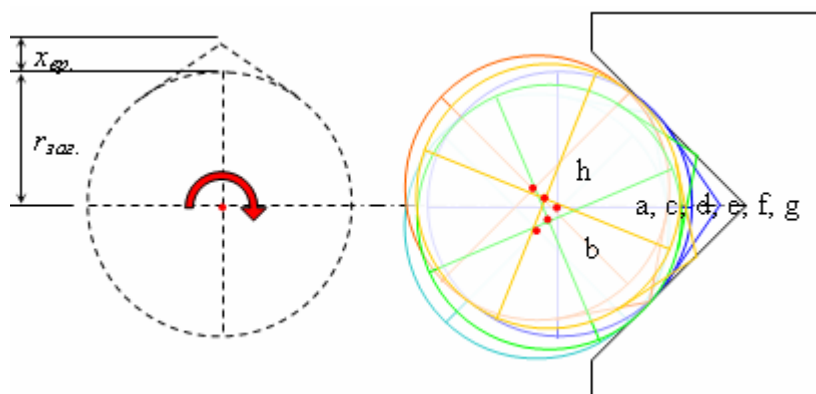
неподвижната опорна призма. При симулациите са снети опитни данни за текущото разположение на оста на детайла в напречно сечение в избрани равно отдалечени ъглови сечения. Това е направено за следните видове моделирани форми: “яйцевидна” форма на заготовката с отклонение от окръжност под формата на единичен връх, заготовка с два диаметрално разположени върха, заготовка с три върха през 120° , заготовка с четири върха през 90° , заготовка с пет върха и заготовка с шест равно отдалечени върха. При моделирането е прието, че дискът и поддържащата призма са с идеална стабилност. Основание за това дава многократно по-голямата податливост на детайла, в сравнение с останалите елементи на технологичната система.

На фигурите в публикацията са показани характерни кадри от проведените симулации за различните моделирани грешки във формата на заготовките в напречно сечение. На фиг. 1 е дадена извадка само от три характерни текущи позиции на взаимното разположение на заготовка с един връх и призматична опора с ъгъл от 90° .



Фиг. 1 Кадри от симулация на поддържане на заготовка с един връх с призма с ъгъл от 90°

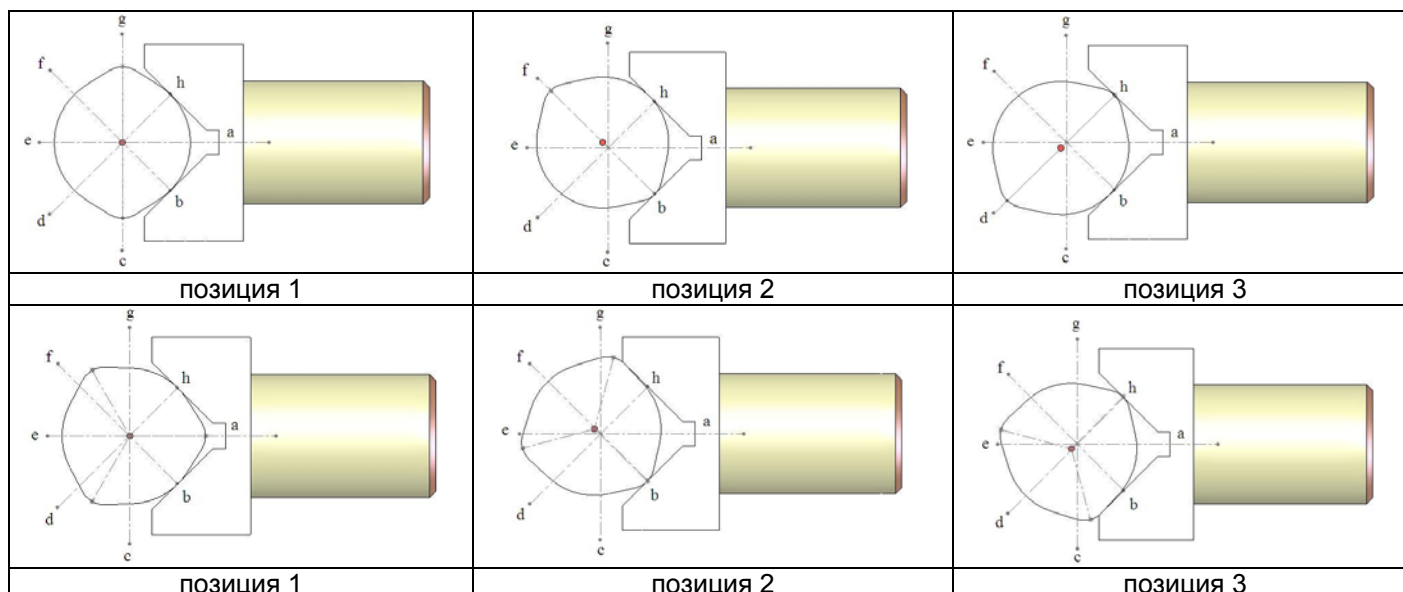
На фиг. 2 са наложени няколко кадъра един върху друг при мащабно увеличение. С “ $x_{вр}$ ” е обозначена височината на единичния връх, а с “ $r_{заг.}$ ” – радиусът на заготовката.



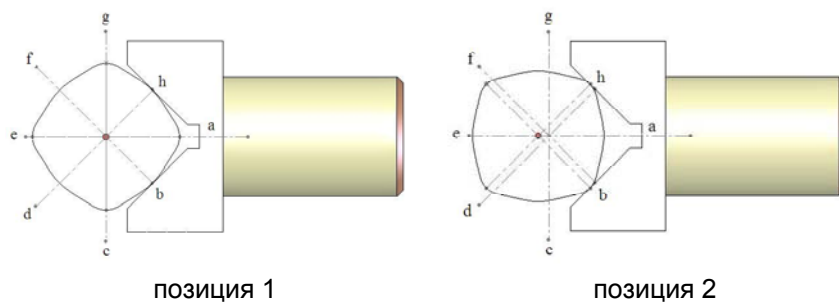
Фиг. 2 Влияние на грешките във формата на заготовката върху биенето на нейната ос

На фигурата е показана зоната на биенето на оста на детайла. Използваните буквени означения по азбучен ред ориентират за последователността на изместване на напречното сечение. Определени са числените стойности на координатите на разположение на осите на всички моделирани многостенни форми на заготовките спрямо хоризонталната ос “X” и вертикалната “Y”. Поради ограничителните изисквания към обема на публикациите те не се прилагат, но резултатите от анализа им са отразени в изводите на настоящата работа. За интересуващите се читатели те са приложени в [2].

На фиг. 3 и фиг. 4 са показани текущи кадри от проведена симулация с помощта на модела със заготовки с два, три и четири върха при поддържането им с призма с ъгъл от 90° .



Фиг. 3 Кадри от симулация на поддържане на заготовки с два и три върха с призма с ъгъл от 90°

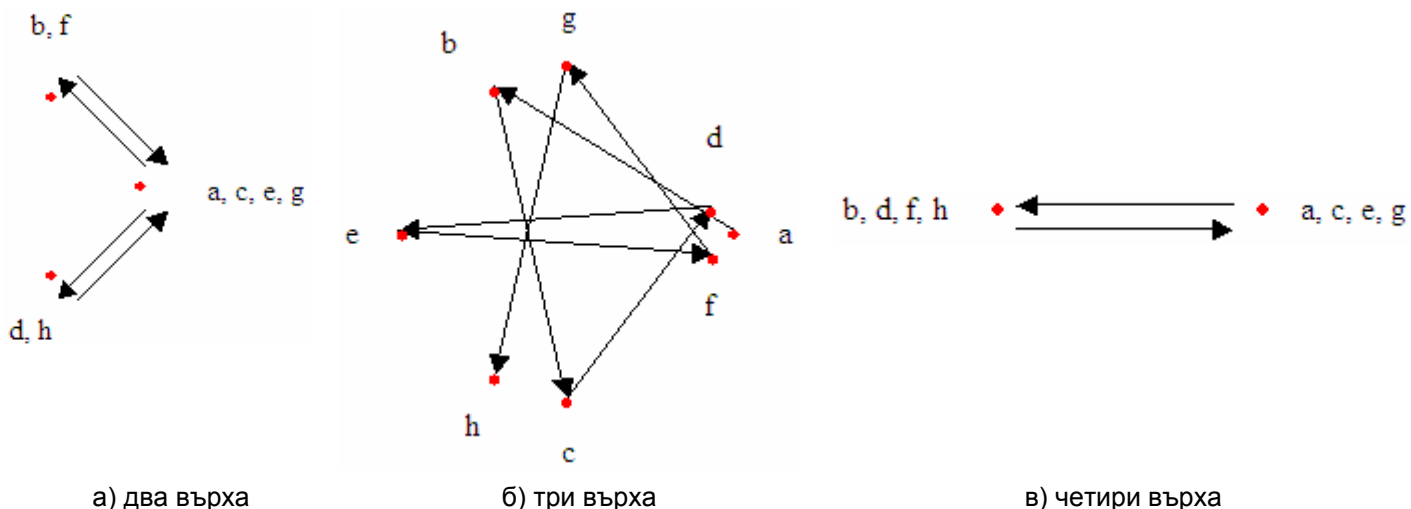


Фиг. 4 Кадри от симулация на поддържане на заготовки с четири върха с призма с ъгъл от 90°

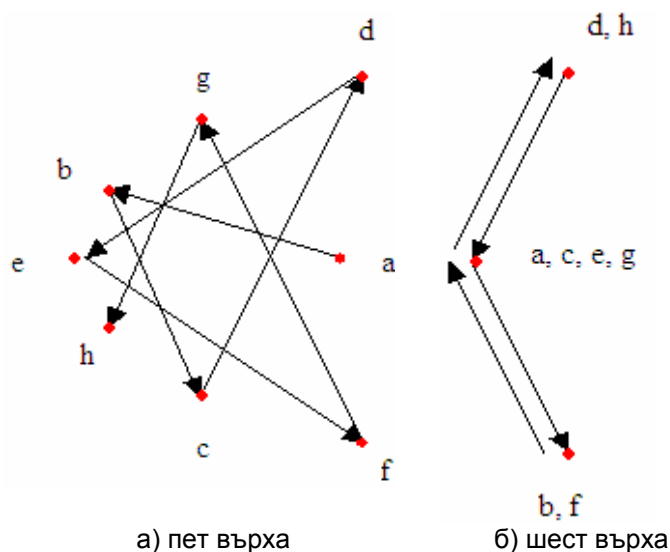
На фиг. 5 със стрелки и буквени означения е показана последователността на координатното разположение на осите на детайли с два, три и четири върха. Докато траекториите на отклоненията на осите на заготовките с един и два върха са еднотипни и са успоредни на наклона на контактните повърхнини на призмата, то от фиг. 4 се вижда, че при заготовка с три равно отдалечени върха през 120° зоната на разсейване на текущите положения на оста е увеличена. Траекторията на изместване-

то на оста („биенето на напречното сечение“) има съвсем друг характер, което се основава на различния вид грешка във формата.

При генерирана форма на заготовката, с четири равно отдалечени върха, оста се измества само по ос „X“. Всички проведени симулации показват, че изходната форма в напречно сечение е от значение за вида на „блуждаещото биене на осите“ на детайлите при обработването им с помощта на люнет с призматична опора.



Фиг. 5 Биене на оста на заготовки с два, три и четири върха при поддържането им с призма с ъгъл от 90°



Фиг. 6 Биене на осите на заготовки с пет и шест върха при поддържането им с призма с ъгъл от 90°

При необходимост да бъде отстранена цялата грешка във формата на заготовката, в рамките само на един надлъжен ход, дискът трябва да се подаде радиално на размер равен на височината на върховете на многостена. Отклоненията във формите на заготовките, които имат биене на осите си преобладаващо по ос „X“, в сравнение с това по ос „Y“, се елиминират значително по-бързо при правилно избрано съотношение между честотите на въртене на инструмента и детайла [3], [4]. Това е в сила за случая на заготовка с четири върха, фиг. 5 в.

На фиг. 6 са дадени зоните на биенето на осите на правилни многостенни заготовки с пет и шест върха. Увеличаването на броя на върховете приближава генерираните форми до окръжност. Видът на „блуждаещото биене“ на заготовка с шест върха, показано на фиг. 6, има различен характер спрямо това на предходните две фигури поради срещуположното диаметрално разположение на двойките върхове.

Анализът на горните фигури и на получените числени стойности в [2] за текущите позиции на осите на заготовките с различна моделирана външна форма дава основание да се твърди, че видът на формата на детайлите в напречно сечение оказва различно влияние върху биенето на техните оси. Установи се увеличаване на амплитудата на биенето на оста на детайла спрямо оста на центрите на машината в случаите, когато в контакт с двете наклонени повърхности на призмата са едновременно два върха. От значение е и ъгловото разположение между тях. Ако при по-голяма многостепенност на формата върховете са по-близо един до друг, то биенето на оста в хоризонтално и вертикално направление намалява.

Проведени бяха симулации с помощта на модела и при по-малка височина на върховете със същата призма. Биенето на осите на детайлите намалява и по X, и по Y спрямо предходните опити. Поради аналогията

в тези случаи, фигури с кадри от проведените симулации не се прилагат. Намаляването на грешките във формата се получава неизбежно при многоходовото надлъжно шлифоване, при правилно избрано съотношение между честотите на въртене на диска и детайла. В общия случай при поддържане на детайл с призма с ъгъл от 90° оста му бие много повече по ос X, отколкото по Y. В това направление е разположен шлифовъчният диск, който при всяко пълно завъртане на многостенния детайл отшлифова част от високите му върхове и това води до намаляване на отклоненията от кръглост.

Известно е влиянието на правилно избраното съотношение между честотите на въртене на диска и детайла за елиминиране на явлениято "огранка" при врезно, респ. надлъжно шлифоване, което е теоретично и опитно установено в [3] и [4]. Поради тази причина настоящият модел не включва симулации, в които участва и абразивния инструмент.

Проведени бяха експерименти с помощта на модела за призма с ъгъл 115° между контактните повърхнини. Установи се увеличаване на биенето на оста на заготовките по ос "Y" и намаляване на това по ос "X". Причината за това е по-големия ъгъл на призмата. Имайки предвид, че грешки във формата на заготовките по ос "X" се отстраняват по-бързо в сравнение с тези по ос "Y", избор на призма с ъгъл значително по-голям от 90° не е желателен. Освен това призма с ъгъл от 115° не противодейства оптимално на силата на рязане в общия случай.

При призма с ъгъл 60° между контактните повърхнини отклонението на осите на заготовките по ос "X" е по-голямо в сравнение с това по ос "Y". При такъв ъгъл има опасност от повишено триене между детайла и стените на призмата и вклиняване на заготовката в по-тесния процеп. Разположението на контактните повърхнини на призмата също не е подходящо по отношение на оптималното противодействие на силата на рязане.

В резултат на направения анализ на данните от симулационното моделиране се налага изводът, че е най-подходящо използване на призма с ъгъл от 90° . Имайки предвид и технологичността на нейната конструкция нейното приложение е за препоръчване в практиката.

3. МОДЕЛИРАНЕ НА СИЛОВО-ДЕФОРМАЦИОННОТО ПОВЕДЕНИЕ НА ОПОРНАТА ПРИЗМА

Целта на създадения допълнителен модел е определяне на силово-деформационното поведение на контактната опора в зависимост от промяната на направлението на силата на рязане (в напречно сечение на детайла) и ъгъла на призмата. За изпълнение на поставените задачи се използваха модулите COSMOSMotion и COSMOSWorks на програмния продукт SolidWorks. Този графичен моделиер използва метода на крайните елементи, с помощта на който се определят интересуващите ни напрежения и деформации на контактната призма на люнетта. Постоянни фактори при всички проведени експерименти с помощта на създадения модел са: диаметър на заготовката - 11 mm; сила на рязане - 60 N, материал на заготовката - неръждаема стомана AISI 304 и материал на призмата - твърд PVC с информация за него, вградена в базата данни на цитирания програмен продукт.

Променливи фактори при опитите са ъгълът на направлението на силата на рязане и ъгълът на призмата. Поради голямата графична информация, снета при проведените опити и ограничителните изисквания към обема на публикациите, са приложени само фигури за определяне на силово-деформационното поведение на призма с ъгъл от 90° в резултат от влиянието на направлението на силата на рязане под различни ъгли.

3.1 Определяне на силово-деформационното поведение на опорната призма при промяна на ъгъла на прилагане на силата на рязане

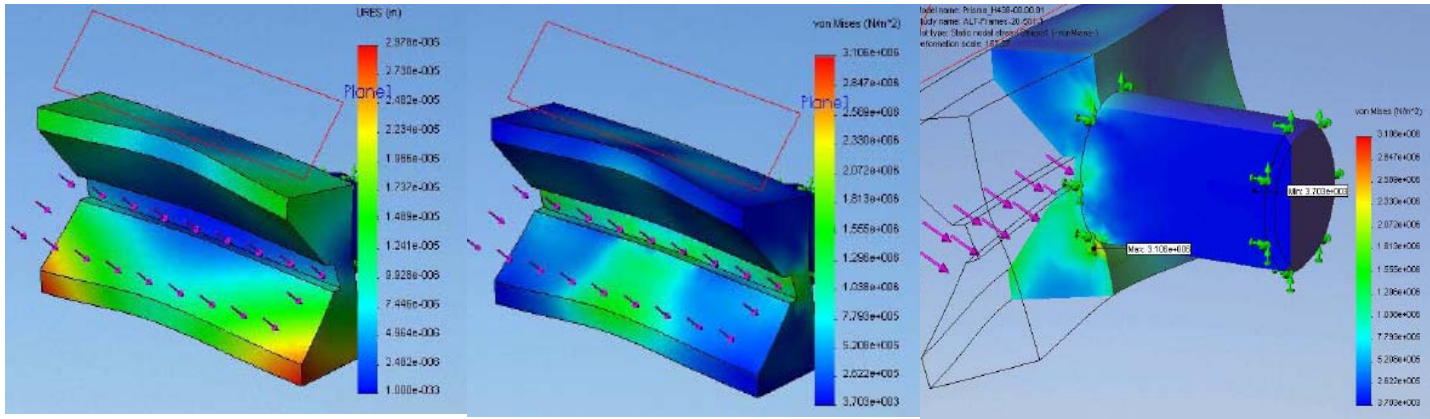
Известно е, че съотношението между нормалната и тангенциалната съставляващи на силата на рязане при външно кръгло шлифоване варира в интервала от 1 до 3. Изчисленият ъгъл на действие на резултантната сила на рязане в този обхват варира в границите между 18.5° и 45° . Поради това бяха проведени експерименти за следните ъгли на разположение на еквивалентната сила на рязане в напречно сечение на детайла: 18.5° , 25° , 35° и 45° . Поради ограничителните изисквания към обема на публикациите се прилагат данни от проведеното моделиране само за ъгъл на прилагане на силата на рязане под 45° .

3.1.1 Определяне на силово-деформационното поведение на опорната призма при ъгъл на прилагане на силата на рязане от 45°

На фиг. 7 е изобразена деформацията на призма с ъгъл от 90° при натоварване със сила на рязане разположена под ъгъл от 45° спрямо хоризонталната равнина на линията на центрите на машината. Показана е и скалата за цветово изобразяване на деформациите, придружена от съответните числени стойности. В нея най-отгоре с червен цвят са представени зоните с най-големи деформации. Програмният продукт изобразява деформациите мащабно увеличени с оглед на по-добро визуално възприемане. От фигурата се вижда, че конзолните краища на призмата са най-податливи и поради това те са оцветени с червен цвят.

На фиг. 8, в аксонометрия са показани възникналите напрежения в отделните зони на призмата. Аналогично на предходния случай програмният продукт дава числена информация за напреженията, придружена със цветово обозначаване. Със зелен цвят са показани възникналите по-големи опънови напрежения в средата на долната контактна повърхност на призмата.

На фиг. 9 в разрез са изобразени възникналите вътрешни напрежения и най-натоварените зони. Отделните участъци са оцветени различно и е приведена скалата със съответните числени стойности. Поради избраното направление на силата на рязане, долната контактна повърхнина на призмата е много по-натоварена от горната, което е видимо от фигурата. Изобразено е мащабно увеличено и огъването на цялата конструкция на опората, вследствие на приложената сила на рязане. Зоните с минимално и максимално натоварване са допълнително обозначени на фигурата.



Фиг. 7 Деформация на призма с 90° при натоварване със сила на рязане разположена под ъгъл от 18.5°

Фиг. 8 Напрежения в отделните зони на призмата

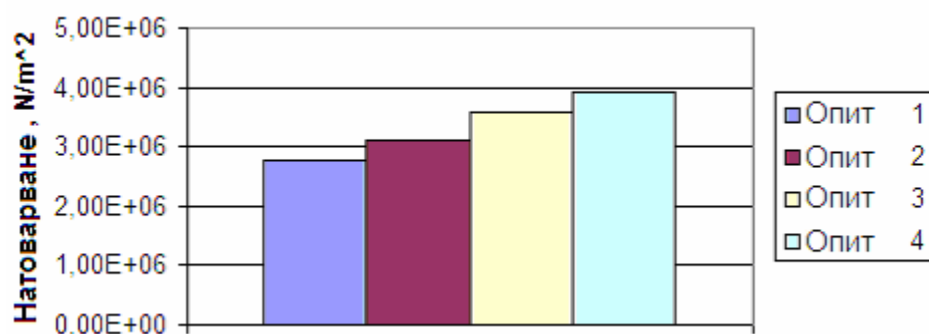
Фиг. 9 Вътрешни напрежения и най-натоварени зони, изобразени в разрез

Поради аналогията в изобразяването на деформациите и натоварванията на призмата с една и съща сила на рязане, но прилагана под различни ъгли, в публикацията не са приложени допълнителни фигури, а в таблица 5 са дадени сравнителни данни за максималните и минимални напрежения.

Таблица 1 Сравнителни данни за максималните и минимални напрежения

	Опит 1	Опит 2	Опит 3	Опит 4
	Ъгъл на силата на рязане 18,5°	Ъгъл на силата на рязане 25°	Ъгъл на силата на рязане 35°	Ъгъл на силата на рязане 45°
Максимално натоварване, N/m ²	2,79E+06	3,11E+06	3,57E+06	3,92E+06
Минимално натоварване, N/m ²	4627,32	3703,29	2235,85	4964,88

Максималните натоварвания и напрежения в долната контактна повърхнина на призма с ъгъл от 90° се получават при сила на рязане разположена нормално на опорната повърхност. В общия случай резултантната сила на рязане обичайно е разположена под ъгъл 45° спрямо хоризонталната равнина на линията на центрите на машината и поради тази причина е удачно използване на призма с ъгъл от 90°. Люнет с такава контактна опора ще противодейства оптимално на очакваното направление на силата на рязане при надлъжно или врезно шлифование.



Фиг. 10 Максимално натоварване при различни направления на силата на рязане

3.1.2 Анализ на силово-деформационното поведение на призми с различни ъгли при натоварване със сила на рязане под 45°

При поддържане на заготовка с един и същи диаметър с призми с различни ъгли се променя разположението на контактните точки между нея и двете повърхнини на използваната люнетна опора. Поради тази причина получаваните данни от проведените опити с помощта на модела не би трябвало да се съпоставят. При увеличаване на ъгъла на призмата над 90° контактните точки се приближават към технологичния прорез на призмата. При използване на призма с примерен ъгъл от 115° и натоварваща сила от 60 N, приложена под 45°, се предизвиква по-малко огъване на конзолно разположените поддържащи повърхнини на призмата. Силата на рязане обаче не е разположена нормално на долната поддържаща повърхнина на люнетната опора, поради което призма с ъгъл от 115° не ограничава в еднаква степен „блуждаещото биене на напречното сечение” по

осите "X" и "Y". Това е потвърдено и при проведените сравнителни опити с помощта на използвания симулационен модел в раздел 3.1. Този недостатък би довел до евентуална поява на вторични грешки във формата на детайла в напречно сечение, поради възможността за по-голямото му изместване по ос "Y".

При избиране на ъгъл на призмата от 60°, при същото направление на натоварващата сила, се получава различно противодействие на „биенето на напречното сечение“ от опорните повърхнини на призмата по направление на осите "X" и "Y". Контактните точки между обработвания детайл и призмата се отдалечават от нейния технологичен прорез. Това води до увеличаване на напреженията на огъване на конзолно разположените поддържащи повърхнини на призмата.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата публикация са представени резултати от симулационно моделиране за определяне биенето на осите на детайли, породено от грешки във формата им в напречно сечение при поддържането им с призма. При проведените експерименти с помощта на създадения модел се установи, че генерираните грешки във формата на детайлите в напречно сечение, оказват различно влияние върху биенето на осите им. Определено е влиянието на ъгъла на призмата върху биенето на оста на детайла, респективно – върху точността на формата му. При направения анализ на данните от симулационното моделиране се налага изводът, че е най-подходящо използване на поддържаща призма с ъгъл от 90°. Имайки предвид и технологичността на нейната конструкция нейното приложение е за препоръчване в практиката. В работата са представени резултати от създаден допълнителен модел за определяне на силово-деформационното поведение на опорната призма в зависимост от промяната на направлението на силата на рязане и нейния ъгъл.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стоев Л. Метод и устройство за шлифование на детайли с ниска стабилност, сп. Машиностроене, бр. 1-2, стр. 41 ÷ 43, 1998
2. Христов Ст. Изследване и моделиране на процеса надлъжно шлифование на нестабилни детайли с подвижен люнет, дисертация, ТУ-София, 2009
3. Sawluk W. Verfahren und Verrichtung zum Abrichten und Schärfen von Schleifscheiben, sowie Abrichtrolle, патент DE 3029039 A1 от 31.07.1980
4. Стоев Л. Тангенциално заточване на абразивни инструменти с диамантни ролки, дисертация, ТУ-София, 1996
5. Barzanov I. CAE unterstützte Ermittlung des Kraftverformungsverhaltens der Kontaktstütze einer hydraulisch betriebenen Lünette mittels FEM, Diplomarbeit, TU-Sofia, FDIBA, 2007

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. д-р Стоян ХРИСТОВ
фирма „Оптикоелектрон Груп“ АД,
4500 Панагюрище, Индустриален парк „Оптикоелектрон“, Р България,
e-mail: stoian_christov@abv.bg