

ISSN 1311-3321

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „Ангел Кънчев“
UNIVERSITY OF RUSE „Angel Kanchev“

Факултет „Машинно-технологичен“
Faculty of Mechanical and Manufacturing Engineering

СБОРНИК ДОКЛАДИ
на
СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’12

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’12

PROCEEDINGS
of
the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’12

Русе
Ruse
2012

Сборникът включва докладите, изнесени на студентската научна сесия **СНС'12**, организирана и проведена във факултет **“Машинно-технологичен”** на Русенския университет “Ангел Кънчев”.

Докладите са отпечатани във вида, предоставен от авторите им.
Доклады опубликованы в виде, предоставленном их авторами.
The papers have been printed as presented by the authors.

ISSN 1311-3321

Copyright ©

- ◆ **СТУДЕНТСКАТА НАУЧНА СЕСИЯ** се организира от **АКАДЕМИЧНОТО РЪКОВОДСТВО** и **СТУДЕНТСКИЯ СЪВЕТ** на **РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ (РУ)** с цел да се предостави възможност на студенти и докторанти да популяризират основните резултати от своята учебно-изследователска работа и да обменят опит.
- ◆ **ОРГАНИЗАЦИОНЕН КОМИТЕТ:**
 - **Съпредседатели:**
проф. д.т.н. Христо Белоев – РЕКТОР на РУ
Александър Стойчев – ПРЕДСЕДАТЕЛ на СС
 - **Научни секретари:**
проф. д-р Ангел Смрикаров –
Заместник-ректор на Русенския университет
ASmrikarov@ecs.uni-ruse.bg; 082-888 249
Мирослав Петков –
Заместник-председател на Студ. съвет
mirko_b88@abv.bg; 082-888 390
 - **Членове:**
 - Факултет „Аграрно индустриален”**
доц. д-р Калоян Стоянов
kes@uni-ruse.bg; 082-888 542
Камен Милуше
kamen.milushev@abv.bg
 - Факултет „Машинно технологичен”**
доц. д-р Стоян Стоянов
sgstoyanov@uni-ruse.bg; 082-888 572
Виктория Карачорова
Vickie_best@abv.bg
 - Факултет „Електротехника, електроника, автоматика”**
доц. д-р Теодор Илиев
tiliev@ecs.uni-ruse.bg; 082-888 839
Валентин Коларов
soly_@abv.bg
 - Факултет „Транспортен”**
доц. д-р Валентин Иванов
vdivanov@uni-ruse.bg; 082-888 373
Селиме Чолакова
the_green_eyess@abv.bg

Факултет „Бизнес и мениджмънт”

проф. д-р Диана Антонова
dantonova@uni-ruse.bg; 082 888 726
Виктория Гединач
vgedinach@uni-ruse.bg

Факултет „Юридически”

ас. д-р Антонина Димитрова
andimitrova@uni-ruse.bg; 082-888 719
Диляна Пеева
semeremida@dir.bg

Факултет „Природни науки и образование”

доц. д-р Емилия Ангелова
evelikova@uni-ruse.bg; 082/ 888 848
Ина Георгиева
georgievi_92@abv.bg

Факултет „Обществено здраве и здравни грижи”

доц. д-р Стефан Янев
snyanev@uni-ruse.bg; тел. 082-821 883
Александър Атанасов
raceface@abv.bg

Филиал Разград

доц. д-р Цветан Димитров
tz_dimitrow@abv.bg; 0887-631 645
Живка Иванова
ivanova_jivka@abv.bg

Филиал Силистра

гл.ас. Галина Лечева
lina_acad.bg@abv.bg; 0897-912 702
Илияна Михайлова
mihaylova_3009@abv.bg

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

1. Изследване на точността при координатни измервания на обработващи центри.....	7
Виктория Карачорова Научен ръководител: гл.ас. Димитър Димитров	
2. Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център.....	12
Виктория Карачорова, Теодора Станчева, Цветан Иванов Научен ръководител: гл.ас. Димитър Димитров	
3. Изследване на случайната грешка при установяване на конусен инструментален държач ISO40 във вретеното.....	18
Виктория Карачорова, Станимира Божкова, Кязим Реханов Научен ръководител: гл.ас. Димитър Димитров	
4. Установка за изпитване на точност на трикоординатна измервателна глава.....	23
Виктория Карачорова, Любомир Яковлев, Валентин Михов Научен ръководител: гл.ас. Димитър Димитров	
5. Обработка детали с сложным профилем в среде CAD/CAM.....	28
Александр Чистоклетов – Таллинский университет, Вирумааский колеж, Эстония Научен ръководител гл. ас инж. Иво Атанасов	
6. Изследване възможностите за реализиране на часовников механизъм чрез бързо прототипиране.....	33
д-р инж. Николай Станков, инж. Калоян Стоянов Научен ръководител: гл.ас. д-р Александър Иванов	
7. Проектиране на часовников механизъм.....	37
д-р инж. Николай Станков, инж. Калоян Стоянов Научен ръководител: гл.ас. д-р Александър Иванов	
8. Съкращаване на времето за обработване на отвори на хидравлични цилиндри	42
Невена Димова Научен ръководител: проф.д-р Михаил Кършаков	
9. Инструмент за обработване на дълбоки отвори с високи изисквания за качеството на повърхнините им.....	46
Галя Върбанова Научен ръководител: проф.д-р Михаил Кършаков	
10. Възможности за реализиране на ресурсоспестяващи технологии в заваряването.....	50
Светлана Джурова Научен ръководител: гл. ас. Николай Фердинандов	

-
11. **Структура и корозионно поведение на многослойни покрития.....** 56
Стоян Цветков
Научни ръководители: гл. ас. д-р Мариана Илиева
доц. д-р Диана Цанева
12. **Микроструктурно изследване на многослойни покрития
Cr-C/Cr-N/Cr.....** 60
Мартина Рекинова
Научен ръководител: гл. ас. д-р Мариана Илиева

Изследване на точността при координатни измервания на обработващи центри

Виктория Карачорова
Научен ръководител: Димитър Димитров

Investigation of accuracy of coordinate measurements of machining centers. In carrying out the coordinate measurements with 3D touch probe on machining centers are received a total error. By dimensional analysis has established the origin of fundamental errors.

Key words: machining centers, accuracy, 3D touch probe

ВЪВЕДЕНИЕ. Сумарна грешка и нейните съставни при координатни измервания с трикоординатна измервателна глава (ТИГ) на обработващ център (ОЦ) .

При координатни измервания на ОЦ (напр. MC032) с помощта на ТИГ точността им се определя от влиянието на получаващата се сумарна грешка [3,4]:

$$\varepsilon_{\Sigma} = f(\Delta_{\Sigma}, g_{\Sigma}, \omega_{\Sigma}) \quad (1)$$

Тази грешка включва в себе си като съставни систематична постоянна (Δ_{Σ}), систематична закономерна (g_{Σ}) и случайна грешка (ω_{Σ}). Всяка от тях от своя страна представлява сума от съответните грешки, породени от компонентите на системата за координатни измервания.

$$\Delta_{\Sigma} = \Sigma \Delta_i ; g_{\Sigma} = \Sigma g_i ; \omega_{\Sigma} = \Sigma \omega_i \quad (2)$$

Поради характера на своя произход и влияние систематичните грешки могат да бъдат установени, прогнозирани и компенсирани, затова изследването се насочва основно към сумарната случайна грешка и съставните ѝ.

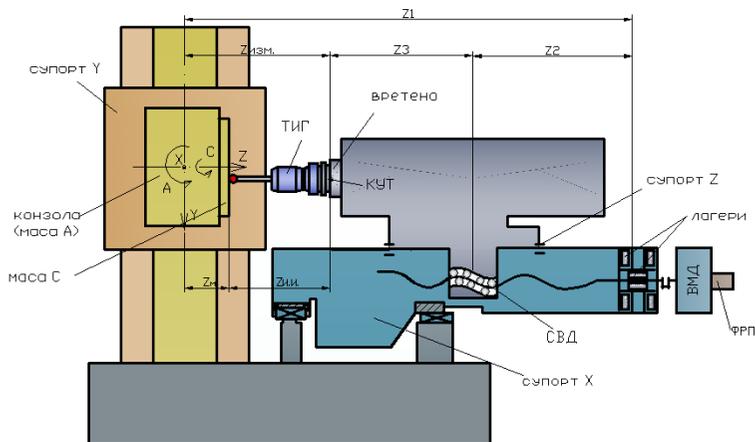
За определянето на част от компонентите е подходящо да се приложи размерен анализ. При обработващите центри е прието положението на всички работни органи да се отчита спрямо въведена машинна правоъгълна координатна система OXYZ (фиг.2.1). Конструкцията на MC032 включва корпус, супорти с плъзгачи направляващи и задвижване чрез високомоментен двигател и винтовогаечна предавка със сачмено-винтова двойца (СВД). В случая може да се приеме, че видът, броят и характерът на въздействие на съставните звена при измервания по всяка от осите е принципно аналогичен. Това дава възможност анализът да се опрости като се приложи само за една от работните оси.

ИЗЛОЖЕНИЕ Определяне на сумарната грешка при измерване в една точка

Принципът на координатните измервания се основава на определянето на координатите на определена точка. Във връзка с това е необходимо да се определи сумарната случайна грешка при координатно измерване в една точка. Отделните ѝ компоненти пък може да се определят чрез разкриване и анализ на възникващите в случая размерни връзки, показни със схемата на фиг.1.

Първата размерна връзка е тази, от която се формира затварящото звено $Z_{\text{изм}}$ при измерване по ос Z на точка от масата на MC032. Получената размерна верига е с успоредни съставни звена и е проектирана в равнината OYZ. В случая грешката на затварящото звено ще представлява сума от всички грешки на всички съставни

звена. От там сумарната грешка при определяне на този размер ще включва изследваната сумарна случайна грешка при измерване в една точка.



Фиг.1. Размерен анализ при координатно измерване по ос Z

Размерът $Z_{изм.}$, представлява разлика между отчетената координата на командно управляваната точка (КУТ) при измерване по ос Z спрямо началото на въведената машинна координатна система (МКС). Номиналът му се определя по зависимостта:

$$Z_{изм.} = Z_1 - (Z_2 + Z_3) \quad (3)$$

Останалите размери в размерната верига са:

Z_1 – размер на корпуса, представляващ разстояние от осевата опора на лагера на ходовия винт по ос Z до началото на МКС.

Z_2 - размер, представляващ разстояние от осевата опора на лагера на ходовия винт по ос Z до опората на гайката от СВД. Номиналът на този размер се изменя в зависимост от позицията на супорта по ос Z.

Z_3 - размер, представляващ разстояние от опората на гайката от СВД до КУТ, намираща се в челото на вретеното.

Положението на точката от масата се задава с размера $Z_м$, представляващ затварящо звено във **втората** размерна верига със съставни звена $Z_{изм.}$ и $Z_{и.и.}$.

$$Z_м = Z_{изм.} - Z_{и.и.} \quad (4)$$

Където: $Z_{и.и.}$ е размерът на измервателния инструмент. Той включва ТИГ заедно с частта от инструменталния държач и представлява излетът на комплекта пред челото на вретеното.

Ако в последния израз $Z_{изм.}$ бъде заместен с неговото равно от (2.3) се получава:

$$Z_м = Z_1 - (Z_2 + Z_3) - Z_{и.и.} \quad (5)$$

Анализът на размерната верига установява, че:

Размерите Z_1 и Z_3 участват само със систематични компоненти в сумарната грешка. Това са грешки, породени от топлинните деформации на звената.

Размерите Z_2 и $Z_{и,и}$ участват както със систематични, така и със случайни компоненти.

Размерът $Z_{и,и}$ е източник на случайната грешка при установяване $\omega_{уст.и}$ на държача във вретеното и на случайната грешка $\omega_{ТИГ}$ на ТИГ.

Размерът Z_2 е източник на случайната грешка при отчитане на позицията $\omega_{отч.поз.}$ и на случайната грешка ω_{SKIP} на системата за ЦПУ при регистриране на SKIP.

Тогава може да се обобщи, че при едноточково измерване сумарната случайна грешка на системата е сума от независими случайни грешки [1,2]:

$$\omega_{\Sigma I} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \sqrt{\left(k_i \cdot \omega_{ТИГ}\right)^2 + \left(k_i \cdot \omega_{отч.поз.}\right)^2 + \left(k_i \cdot \omega_{уст.и}\right)^2 + \left(k_i \cdot \omega_{SKIP}\right)^2} \quad (6)$$

Относно произхода на всяка от съставните може да се даде следното пояснение:

$\omega_{ТИГ}$ - поле на случайната грешка на ТИГ. Дължи се на триенето, което възниква вътре в ТИГ между подвижните и неподвижните базираци елементи на измервателната глава при изпълняване на работните състояния установяване и измерване. Големината ѝ зависи и от големината на измервателната сила.

$\omega_{отч.поз.}$ - поле на грешката при отчитане позицията на измерване. Дължи се на системата за индиректна обратна връзка. Извесно е , че $\omega_{отч.поз.} < \omega_{поз.м}$ Това означава, че в режим измерване машината въвежда по-малка случайна грешка в сумарната отколкото с позициониранията при обработване. Но при липса на данни за стойността на $\omega_{отч.поз.}$ може в пресмятанията да се използва $\omega_{поз.м.}$, с което се завишава стойността на сумарната грешка (т.е. осигурява се резерв от точност).

$\omega_{поз.м}$ - поле на сумарната случайна грешка от позициониране на супорта. Дължи се на сумарното неблагоприятно въздействие на няколко фактора в конструкцията на следящите преводи на МС032:

- Използване на плъзгачи направляващи за супортите по осите X, Y, Z и неустойчивите условия на триене при микропремествания и скорости на движение на супортите близки до нула;

- Използването на сачмено-винтова двоица за предаване на движението от двигателя към супорта е предпоставка за предаване на грешките в стъпката на винта, сглобките между отделните елементи и възникващите различни еластични деформации при неравномерно натоварване.

- Използване на индиректна обратна връзка. В случая датчикът за обратна връзка е свързан с вала на двигателя и е вграден в корпуса му. Така той е отдалечен от изпълнителния елемент – супорта, което го прави нечувствителен към всички смущения по кинематичната верига двигател-супорт.

$\omega_{уст.и}$ – поле на грешката при установяване на инструменталния държач във вретеното на машината. Дължи се на разсейване на условията при заклиняването и на еластичните контактни деформации, които възникват между конусната повърхнина на инструменталния държач и конусната повърхнина на вретеното. Тази грешка се поражда случайно при всяко установяване на инструмента във вретеното, но впоследствие влиянието ѝ е постоянно, т.е. тя има характер на случайна ($\omega_{уст.и}$) по произход за първоначално отчитане и на постоянна ($\Delta\omega_{уст.и}$) при всяко следващо отчитане.

ω_{SKIP} - поле на грешката на системата за ЦПУ на ММ при подаване на външен сигнал за прекъсване (SKIP). Зависи от т. нар. времеконстанта (t) на ЦПУ за

сканиране на входа, към който се подава външен сигнал за прекъсване (SKIP) и е пропорционална на скоростта на съответното подавателно движение (V_f) при измерване. Последното позволява да се подбере такава подавателна скорост, че резултатната ω_{SKIP} да бъде достатъчно малка.

$$\omega_{SKIP} = V_f \cdot t \quad (7)$$

В горната зависимост (2.6) коефициентите (k_i), които отчитат относителното разсейване на $\omega_{ТИГ}$, $\omega_{поз.м}$ и $\omega_{уст.и}$ са единица тъй като величините имат нормален закон на разпределение. Същото се отнася и за K_{Σ} за изходната величина.

Тъй като ω_{SKIP} има разпределение по закона на равната вероятност, то съгласно [1,2]:

$$k_i = 1.73$$

Следователно като се отчете значението на коефициентите и се осъществи заместване в (6) на $\omega_{отч.поз}$ с $\omega_{поз.м}$, то за сумарната грешка при измерване в една точка може да се запише:

$$\omega_{\Sigma I} = \sqrt{\omega_{ТИГ}^2 + \omega_{поз.м.}^2 + \omega_{уст.и.}^2 + 3 \cdot \omega_{SKIP}^2} \quad (8)$$

Зависимост (8) се прилага за определяне на ω_1 ако след установяване във вретеното не се приложи калибриране на ТИГ. Ако се приложи калибриране влиянието на грешката при установяване на инструмента $\omega_{уст.и}$ се изключва.

В такъв случай зависимостта придобива вида:

$$\omega_{\Sigma I} = \sqrt{\omega_{ТИГ}^2 + \omega_{поз.м.}^2 + 3 \cdot \omega_{SKIP}^2} \quad (9)$$

За да се доближи резултатът от измерването максимално до центъра на групиране (математическото очакване) при необходимост се прилагат многократни (n) повторения на измерванията във всяка точка.

$$\omega_{\Sigma k} = \frac{\omega_i}{\sqrt{n}}, \quad (10)$$

където $\omega_{\Sigma k}$ е получената като резултат коригирана стойност на $\omega_{\Sigma I}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. За числено определяне стойността на сумарната случайна грешка е необходимо да се определят индивидуалните стойности на отделните компоненти.

2. При работа в режим на измерване машината работи по-точно и отчита точно позицията в сравнение с обработващо позициониране. За коректна оценка на точността на координатните измервания е нужно да бъде установена и използвана големината на случайната грешка при отчитане на позицията на измерване $\omega_{отч.поз}$ вместо грешката от позициониране $\omega_{поз.м}$.

3. При необходимост случайната грешка от установяване може да се изключи чрез прилагане на калибриране на системата.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Борисов Б. и др. "Справочник технолога-машиностроителя" том 1, Машиностроене, Москва 1985г.

[2] Гатев Г., Размерни вериги, Техника, София 1979г.;

[3] Димитров Д., И. Замфиров и др. Разработване и изследване на система за трикоординатни измервания върху машини с ЦПУ, Отчет на ПРОЕКТ ФНИ 2009 – ФМТ – 04 на РУ “А. Кънчев”

[4] Карачорова В., Д. Димитров” Възможности за автоматична самодиагностика на обработващи центри”, НК на РУ и СУ-2011г.[5] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г.

[5] Митков Ат., Д. Минков, Математични методи на инженерните изследвания, Русе 1985г

За контакти:

гл.ас. Димитър Димитров, Катедра “ТММРМ” РУ”Ангел Кънчев”, ddimitrov@uni-ruse.bg
маг.инж. В.Карачорова, Катедра “ТММРМ” РУ”Ангел Кънчев”, Vickie_best@abv.bg

Изследване на случайната грешка при едномерно и двумерно позициониране на обработващ център

Виктория Карачорова, Теодора Станчева, Цветан Иванов
Научен ръководител: Димитър Димитров

Abstract: *ReInvestigation of random error in one-dimensional and two-dimensional positioning of the machining center.*

Positioning errors of the spindle of CNC machines influences the accuracy of processing and the accuracy of coordinate measurements. Theoretical and experimental error was investigated at one-dimensional and two-dimensional positioning of the machining center.

Key words: *accuracy of positioning, coordinate measurements.*

ВЪВЕДЕНИЕ.

Случайната грешка от позициониране е елемент от нормите за геометрична точност на подавателните преводи на металорежещата машина (ММ) с цифрово програмно управление (ЦПУ) [6]. Понятието грешка на позициониране се описва с отклонението между програмираното и действителното положение на супорта. Грешката възниква поради невъзможността на подавателния превод да изпълни с абсолютна точност зададената команда за позициониране. Това се дължи основно на вибрациите и на променливите условия на триене при плъзгане и покой в направляващите, възникващи в граничните режими при преминаване през състояние на движение-покой-движение. Явлението е типично за подавателните преводи на ММ с плъзгащи направляващи в заключителния етап при изпълняване на команда за позициониране. В резултат изпълнителният елемент на машината заема случайни положения, спрямо зададената позиция, в поле с нормален закон на разпределение. Случайната грешка от позициониране при обработване на детайла оказва влияние на точността на получаваните размери на повърхнините, на тяхното взаимно разположение и форма. При координатно измерване грешката от позициониране не участва като елемент на сумарната грешка, но поради затруднения да бъде измерена реалната грешка със запас от точност се включва грешката от позициониране [4]. Поради изменението ѝ във времето (в резултат на експлоатацията) за големината на тази грешка не може да се разчита на паспортните данни на машината. За това е необходимо нейното актуално определяне чрез експериментално изследване.

Определяне на случайната грешка при едномерно позициониране

Случайната грешка от позициониране по стандарт се определя за точка при едностранно или двустранно позициониране към нея или за дължината на целия работен ход в поредица от точки, разделящи го на интервали. За целта могат да се използват различни методи и измервателни средства. В случая експериментално е определена случайната грешка при едностранно позициониране в точка по ос Z на два броя MC032, като първият е с около два пъти по-голям брой работни часове. В качеството на външно контролно-измервателно средство е използван прецизен фоторастерен измервателен уред HAIDENHEIN с константа 0,1 μ m. Схемата на опитната установка е показана на фиг.1. С помощта на магнитна стойка уредът е закрепен към корпуса на машината, така че измервателният накрайник да бъде успореден на оста на вретеното и да допира в челото му. Измерването е относително като при първото измерване показанието на отчитащото устройство се настройва на положение нула (занулява се). При следващите измервания отчитанията се осъществяват спрямо въведената относителна нула. Извършват се петдесет опита, а резултатите се записват по реда на тяхното отчитане. За

статистическо обработване на резултатите се използват зависимостите, съгласно БДС, [5 и 6], чрез които са пресметнати някои основни характеристики на изследвания параметър:

- за центъра на групирание е определена средната стойност (\bar{Z}):

$$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \qquad \bar{Z}_1 = 0.68 \mu m; \qquad \bar{Z}_2 = 0.5 \mu m \qquad (1)$$

- за разсейването са пресметнати размахът (R):

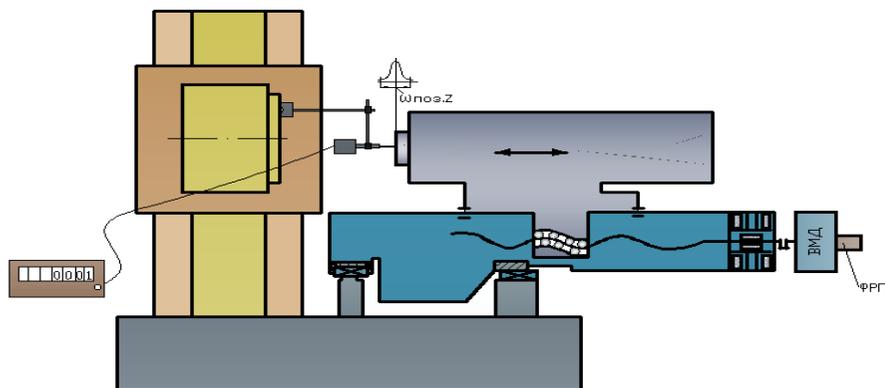
$$R = Z_{i,max} - Z_{i,min} \qquad R_1 = 5 \mu m; \qquad R_2 = 1 \mu m \qquad (2)$$

и средноквадратичното отклонение (S) по зависимост

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2} \qquad S_1 = 1,15 \mu m; \qquad S_2 = 0,505 \mu m \qquad (3)$$

- изчислено е полето ω на разсейване (доверителен интервал) за 99.73% вероятност на попадане на измерена стойност в приетите граници.

$$\omega = 6, S \qquad \omega_1 = 7 \mu m \qquad \omega_2 = 3 \mu m \qquad (4)$$



Фиг.1 Измерване на случайната грешка от позициониране по ос Z

Едномерна и двумерна сумарна случайна грешка.

Големината на всяка случайна грешка (величина) ω се определя от областта, в която с определена вероятност тя може да се прояви. При нормален закон на разпределение на единична грешка, както е законът на разпределение на повечето случайни грешки при обработване и при координатни измервания на ММ с ЦПУ, полето ω е област с граници $\mu \pm 3S$, в която вероятността на проявление е $P=0.9973$. Графично (фиг.1) големината на грешката се представя върху ос като отсечка с дължина $\omega=6.S$. Често в практиката дадена случайна грешка не се проявява самостоятелно, а съвместно с други случайни грешки като компонента на сумарна случайна грешка. Съгласно [3,4] една от компонентите на точността при обработване и при координатни измервания е проявяващата се сумарна случайна

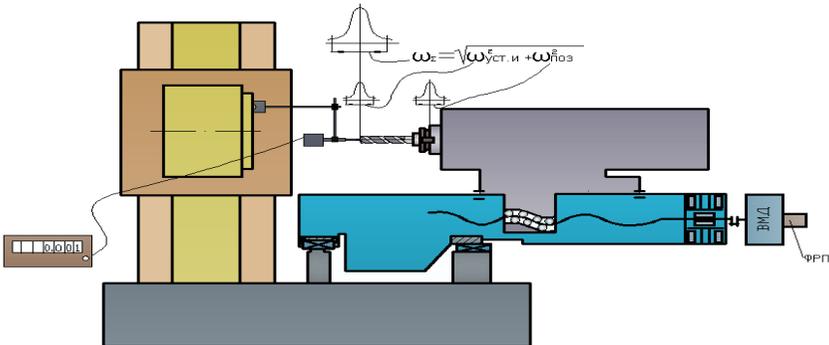
грешка. Нейните съставни са също случайни грешки т.е. случайни величини. Пример за сумарна случайна грешка е, когато тя е резултантна от само две случайни грешки. Те от своя страна могат да формират сумарна грешка чрез едномерно (линейно, едноосно) сумиране или двумерно (равнинно, двуосно) сумиране. При три и повече съставни сумирането може да е също едномерно, двумерно или пък тримерно.

Едномерно сумиране

При едномерно сумиране двете грешки имат общо направление на проявление. Подходящ пример за такъв тип сумиране е при установяване на режеч инструмент във вретеното със случайна грешка ($\omega_{уст.и.}$) и следващо позициониране по ос Z със случайна грешка ($\omega_{поз.з.}$). В случая положението на неговия връх се разсейва от действието на сумарна случайна грешка (ω_{Σ}) с едномерно проявление. Двете грешки са независими и имат нормален закон на разпределение. Затова и големината на сумарната грешка се определя по зависимостта:

$$\omega_{\Sigma} = \sqrt{\omega_{уст.и.}^2 + \omega_{поз.з.}^2} \tag{5}$$

Графично големината на съставните грешки и на сумарната грешка може да се представи върху ос като отсечки с дължина съответно $\omega_{уст.и.}$, $\omega_{поз.з.}$ и ω_{Σ} (фиг. 2.).



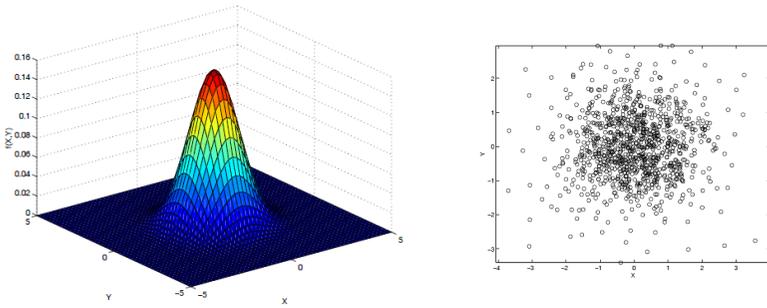
Фиг. 2 Сумарна грешка при едномерно сумиране на съставните

При координатно измерване с ТИГ на ММ с ЦПУ в една точка, сумарната грешка се също се получава чрез едномерно сумиране [13].

Двумерно сумиране

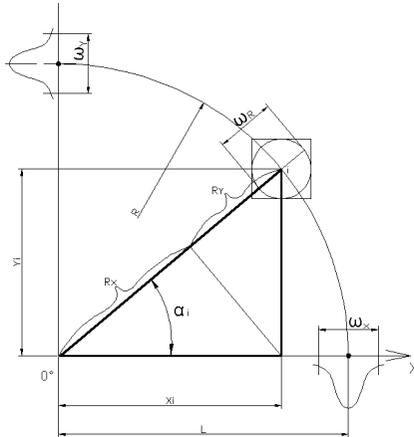
При двумерно сумиране направленията на проявление на двете грешки се пресичат под определен ъгъл в равнина. Графично големината на съставните грешки може да се представи върху две пресичащи се оси като отсечки с дължина съответно ω_1 и ω_2 , а сумарната грешката ω_{Σ} се представя с площ, имаща форма на успоредник със страни ω_1 и ω_2 [12]. В общия случай съставните са независими и различни по големина, а сумирането се представя с израза:

$$\omega_{\Sigma} = \frac{1}{K_{\Sigma}} \cdot \sqrt{(k_i \cdot \omega_1)^2 + (k_i \cdot \omega_2)^2} \tag{6}$$



Фиг. 3 Представяне на плътността на разпределението чрез двумерна повърхност и облак от точки

На фиг.3 е представен вариант на графично изобразяване на сумарна грешка от две равни по големина случайни и независими грешки с нормален закон на разпределение. Аналогичен пример е двумерното сумиране на случайните грешки при позициониране на супортите по оси X и Y на ММ с ЦПУ (каквото е ОЦ МС032) в равнина OXY. При обработване и при координатни измервания с позициониране по всяка от двете оси се проявява случайна грешка от позициониране с нормален закон на разпределение. На фиг. 4 съответно с ω_x и ω_y са означени съответните големина на практическите им полета на разсейване. Ако се приеме, че големината на тези полета са едни и същи по цялата дължина на всяка от осите и са равни по между си, то при позициониране само по едната от тях в коя да е точка разсейването е в границите $\pm\omega/2$.



Фиг. 4 Грешка при позициониране в равнината OXY

При теоретичното изследване на примера се анализира получаването на размера L в равнината OXY по зависимостта:

$$L = R \pm \frac{\omega}{2} \tag{7}$$

В равнината OXY множеството от точки отдалечени на разстояние L от началото на координатната система може да се представи като $\frac{1}{4}$ дъга от окръжност с радиус R , център O и начален ъгъл $\alpha=0^\circ$. На фиг. 4 са представени общ случай и два от частните случаи на позициониране в равнината. Размерът R следва да се разгледа като затварящо звено на размерна верига с неупоредни съставни звена X_i и Y_i с проекции R_X и R_Y . Размерът R се получава с грешка ω_R , звеното R_X се получава с грешка ω_X , а звеното R_Y с грешка ω_Y . Съгласно [2] "За размерни вериги с неупоредни звена полето на разсейване и допускът на затварящото звено се пресмятат като в зависимостта под корена се включва коефициентът ξ_i . С този коефициент се отчита предавателното отношение т.е. степента на влияние на съответното съставно звено върху затварящото.

$$\omega_R = \sqrt{\xi_{X_i}^2 \cdot \omega_{X_i}^2 + \xi_{Y_i}^2 \cdot \omega_{Y_i}^2} \quad (8)$$

В случая коефициентът ξ_i е тригонометрична функция на ъгъла, който сключва всяко съставно звено със затварящото.

$$\xi_X = \cos(\alpha), \xi_X [1,0] \text{ при } 0 \leq \alpha \leq 90^\circ \quad \text{и} \quad \xi_Y = \sin(\alpha), \xi_Y [0,1] \text{ при } 0 \leq \alpha \leq 90^\circ$$

$$\omega_R = \sqrt{\cos(\alpha)^2 \cdot \omega_{X_i}^2 + \sin(\alpha)^2 \cdot \omega_{Y_i}^2} \quad (9)$$

Последната зависимост показва, че при формиране на общата грешка всяка от двете съставни участва с променлив дял в зависимост от направлението на позициониране (ъгъла α). В границите ($0 \leq \alpha \leq 45^\circ$) преобладава ω_X , а в границите ($45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$) преобладава ω_Y . При ъгъл $\alpha=45^\circ$ влиянието на двете грешки е еднакво. Сумарната грешка ω_R обаче запазва постоянна стойност ако се приеме, че $\omega_X = \omega_Y = \omega_{X,Y}$. Тогава изразът (9) придобива вида:

$$\omega_R = \sqrt{(\cos(\alpha)^2 + \sin(\alpha)^2) \cdot \omega_{X,Y}^2} \quad (10)$$

От последния израз следва, че ако една от двете съставни участва в сумата с цялата си стойност, то другата е нула и обратно.

След преобразуване се получава:

$$\omega_R = \sqrt{1 \cdot \omega_{XY}^2} = \omega_{X,Y} \quad (11)$$

Следователно сумарната грешка ω_R е равна по големина на всяка от съставните.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Въз основа на направения анализ може да се обобщи че:

- При равнинно позициониране на ММ с ЦПУ за определяне на сумарната грешка от позициониране се прилага двумерно сумиране.
- Делът на всяка от съставните в сумирането се определя от тригонометрична връзка и зависи от ъгъла, който сключва направлението на измерване с едната ос.
- Ако грешките от позициониране по двете оси са равни, то точността на позициониране във всички направления на равнината е една и съща.

- При включване на трета съставна, с направление различно от другите две, резултатът следва да се представи като тримерно (обемно, триосно) сумиране.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Борисов Б. и др. "Справочник технолога-машиностроителя" том 1, Машиностроене, Москва 1985г.

[2] Гатов Г., Размерни вериги, Техника, София 1979г.;

[3] Димитров Д., И. Замфиров и др. Разработване и изследване на система за трикоординатни измервания върху машини с ЦПУ, Отчет на ПРОЕКТ ФНИ 2009 – ФМТ – 04 на РУ "А. Кънчев"

[4] Карачорова В., Д. Димитров" Възможности за автоматична самодиагностика на обработващи центри", НК на РУ и СУ-2011г.[5] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г.

[5] Митков Ат., Д. Минков, Математични методи на инженерните изследвания, Русе 1985г

[6] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г.

За контакти:

гл.ас. Димитър Димитров, Катедра "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", ddimitrov@uni-ruse.bg
маг.инж. В.Карачорова, Катедра "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", Vickie_best@abv.bg

Изследване на случайната грешка при установяване на конусен инструментален държач ISO40 във вретеното

Виктория Карачорова, Станимира Божкова, Кязим Реханов
 Научен ръководител: Димитър Димитров

Investigation of random error in the attachment of an adapter cone instrumental in ISO40 spindle: The accuracy of performance processes control and three-coordinate measurements of machining centers depends the errors from fastening tool in spindle of the machine. Investigated theoretically and experimentally causes of errors.

Key words: measurement of random error, accuracy.

Въведение.

Обработващите центри (каквото напр. е MC032) използват система за автоматична смяна на режещите инструменти. За целта всеки инструмент се установява към т.нар. инструментален адаптор (държач). Единият край на адаптора има специална присъединителна част, предназначена за установяване на инструмента, а на другият има присъединителна част за установяване към вретеното на машината. Като такава обикновено се използва конусна сглобка напр. с конусност 7:24 (за MC 032 тя се означава като стандарт ISO 40). При разработването на инструменталната система, базирана на конусна сглобка с вретеното се цели постигане на бързо и удобно установяване и снемане на инструмента от вретеното на машината, надеждно предаване на въртящия момент, стабилност при работа, а също и точност на базиране. Независимо от преимуществата на конусната сглобка е известно, че използването ѝ е източник на грешка при установяване на държачите. Следователно като съставна част на сумарната грешка както при обработване, така и при осъществяване на координатни измервания [1] е необходимо да се определи вида, произхода и големината на грешката при установяване на инструменталните държачи ISO 40 във вретеното на машината.

Изложение. Определяне на грешката от установяване на инструмента във вретеното

Теоретично изследване

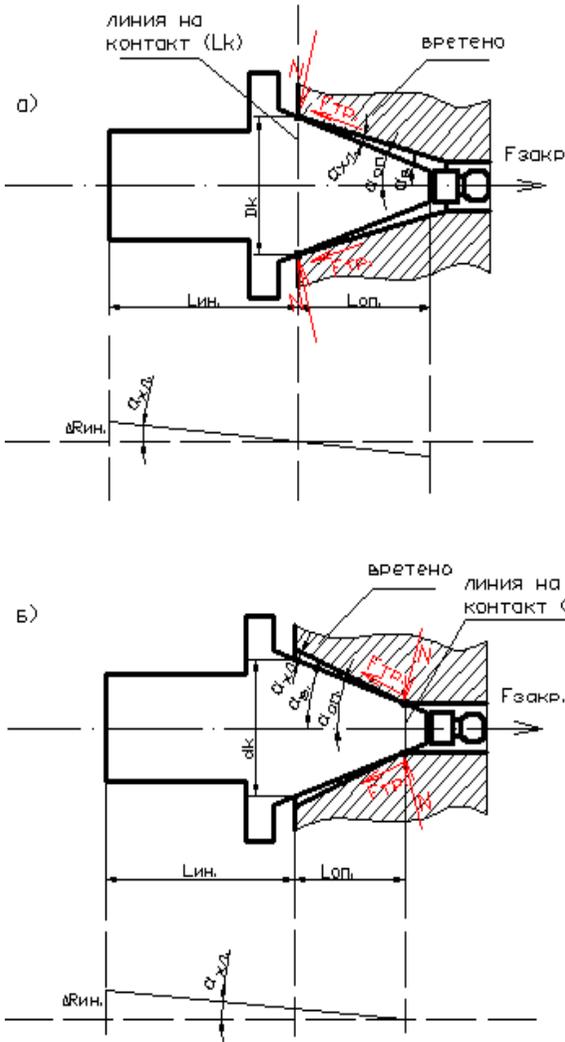
В разглеждания случай точността на базиране зависи от разликата в конусността между конуса на държача и конуса на вретеното. Поради невъзможността конусите на държачите да бъдат напълно еднакви с конуса на вретеното разликата в конусността им предизвиква ъглова и осева грешка на положението на адаптора съответно спрямо оста и челото на вретеното. За да се определи произхода и големината на ъгловата грешка може да се използва принципната схема, показана на фиг.1. След сравняване на вариант а) и вариант б) се установява, че за да е по-малка ъгловата грешка се препоръчва конусността на държачите да бъде гарантирано по-голяма от тази на вретеното (вариант "а"). Това се доказва и от съответните зависимости за пресмятане на радиалното отклонение $\Delta R_{ин.}$ при двата варианта.

На фиг. 1.а) и по-голяма конусност на адаптора спрямо вретеното:

$$\Delta R_{ин.} = L_{ин.} \cdot \sin \alpha_{хл.} \quad (1)$$

На фиг. 1.б) и по-малка конусност на адаптора спрямо вретеното:

$$\Delta R_{ин.} = (L_{ин.} + L_{он.}) \sin \alpha_{хл.} \quad (2)$$



Фиг.1 Влияние на конусността при установяване на инструментален държач.

между вретеното и адаптора възникват и действат сравнително големи нормални сили (N) и сили на триене ($F_{тр}$). При идеални форми на конусите и съосно сглобяване нормалната сила се самоуравновесява. Щом контактът е по линия, то площта на въздействие на нормалните сили е малка, а от там и създаденото налягане е голямо. Това предизвиква съответни контактни еластични деформации в

След базиране във вретеното чрез цангово устройство адапторът се закрепва с постоянна осева сила ($F_{закр.} \approx 5300N$), създавана от пакет тарелчати пружини. Свиването на пружините при освобождаване на държача става с помощта на пневмо-хидравлично усилвателно устройство. За предаване на въртящия момент от вретеното към държача се разчита на достатъчно големите сили на триене между тях (съответно моментът на триене) и допълнително се подsigурява с шпонкова връзка, която се използва и за ъгово ориентирание на инструмента.

При вариант а) спрямо вариант б) освен по малка ъглова грешка, е осигурена възможност предаваният въртящ момент да е по-голям заради по-големия диаметър на контакт (D_k).

$$D_k > d_k$$

При така въведените изисквания за конусността на адаптора следва, че контактът между него и вретеното ще е само по линия. Ако конусите на адаптора и вретеното са без отклонение във формата в напречно сечение и са съосно разположени тази линия е с форма на окръжност и е в мястото с най-голямо по диаметър (D_k) напречно сечение на вретеното. По тази линия

двата детайла. Дължината на теоретичната линия на контакт L_k при вариант а) е по-голяма в сравнение със съответната за вариант б).

$$L_k = \pi \cdot D_k \quad (3)$$

$$L_k = \pi \cdot d_k \quad (4)$$

Следователно при еднаква закрепваща сила за вариант б) може да се очакват по-големи стойности на налягането по линията на контакт и съответно по-големи еластични контактни деформации.

На практика обаче е невъзможно да се повтарят по еднакъв начин всички условия, при които се осъществява установяването на инструмента. В резултат на това отклоненията във формата и от съосност на двата детайла, разсейването на условията на триене, заклиняване и еластични контактни деформации предизвиква разсейване на осевото положение на инструмента. Установено е, че това разсейване се проявява като случайна грешка с нормален закон на разпределение.

Експериментално изследване

За определяне конкретните стойности на тази грешка е проведено експериментално изследване. Използвани са вретената на два броя ОЦ МС032, като първият е с по-голям брой работни часове. Първоначално с пружинна скоба е измерена закрепващата сила на всяка от машините. За машина (1), която е с по-голям брой работни часове е установена по-малка сила 4200N и около 10% разсейване, а за другата 4550N и около 2% разсейване. За проверка на точността на установяване се използва един и същи инструмент – адаптор. Схемата на опитната установка е показана на фиг. 2. С помощта на магнитна стойка накрайникът на прецизно измервателно устройство (с константа 0.001mm) е нагласен да бъде съосен с оста на инструмента. Измерването е относително като при първото измерване показанието на отчитащото устройство се настройва на положение нула (занулява се). При следващите измервания отчитанията се осъществяват спрямо въведената относителна нула. Извършват се петдесет опита, а резултатите са записани в таблици по реда на тяхното отчитане.

За статистическо обработване на резултатите са използвани зависимостите от [4], чрез които са пресметнати някои основни характеристики на изследваната величина. Резултатите за машината с по-голям брой работни часове са означени с индекс 1, а на другата машина, имаща по-малък брой работни часове са означени с индекс 2:

- за центъра на групирание е определена средната стойност (\bar{Z})

$$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_i \quad \bar{Z}_1 = 0.54 \mu\text{m}; \quad \bar{Z}_2 = -3.2 \mu\text{m} \quad (5)$$

- за разсейването са пресметнати размахът (R)

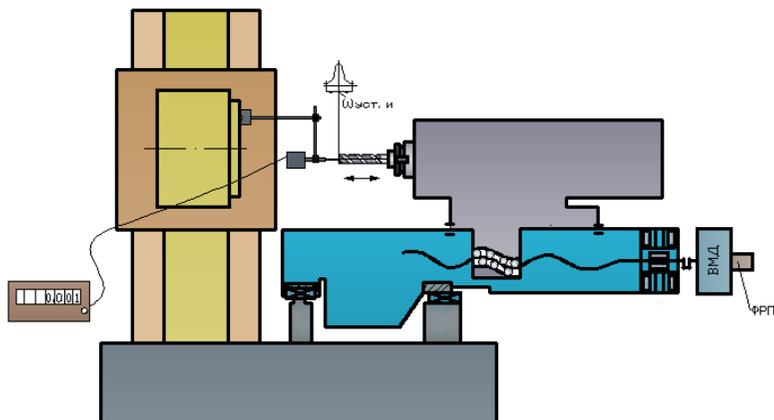
$$R = Z_{i,max} - Z_{i,min} \quad R_1 = 5 \mu\text{m}; \quad R_2 = 5 \mu\text{m} \quad (6)$$

и средноквадратичното отклонение (S)

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (Z_i - \bar{Z})^2} \quad S_1 = 1.528 \mu\text{m}; \quad S_2 = 0.888 \mu\text{m} \quad (7)$$

-изчислено е полето ω на разсейване (доверителен интервал) за 99.73% вероятност на попадане на измерена стойност в приетите граници.

$$\omega = 6 \cdot S \quad \omega_1 = 9 \mu\text{m}; \quad \omega_2 = 5 \mu\text{m} \quad (8)$$



Фиг. 2 Измерване на грешката от установяване на инструмента

Анализ на получените резултати:

Машината с по-голям брой работни часове създава по-малка закрепваща сила и има процентно по-голямо разсейване на големината ѝ. Това най-вероятно се дължи на настъпилите в резултат на експлоатацията износвания и увеличени хлабини в сглобките на елементите от закрепващия механизъм. Последното нарушава правилното им взаимно разположение, увеличава и разсейва загубите от триене по между им.

Машината с по-голям брой работни часове генерира по-голяма грешка при установяване на инструментален държач поради влошаване на работните характеристики на закрепващия механизъм в резултат на износването му.

ИЗВОДИ

Въз основа на теоретичното и експериментално изследване може да се обобщи:

1. По-точно е установяването, когато конусността на адаптора е по-голяма от на вретеното;
2. По-голям въртящ момент може да се предава при контакт по най-големия диаметър на конуса.
3. По-малки деформации и износване на работните повърхности се гарантира при конататк по най-големия диаметър на конуса.
4. Износването и възникването на хлабини в механизма, задаващ закрепващата сила предизвиква по-голямо разсейване на големината ѝ и съответно се увеличава грешката при установяване.

Литература

[1] Карачорова В., Д. Димитров” Възможности за автоматична самодиагностика на обработващи центри”, НК на РУ и СУ-2011г.[5] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г.

[2] Тодоров М. И др. Теоретична механика – част 1 (Кинематика и статика), ВТУ “Ангел Кънчев” Русе, 1983г.

[3] Тошев И., Изпитване и изследване на металорежещи машини и автоматични комплекси, София 1989г

[4] Митков Ат., Д. Минков, Математични методи на инженерните изследвания, Русе 1985г

За контакти:

гл.ас. Димитър Димитров, Катедра "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", ddimitrov@uni-ruse.bg
маг.инж. В.Карачорова, Катедра "ТММРМ" РУ"Ангел Кънчев", Vickie_best@abv.bg

Установка за изпитване на точност на трикоординатна измервателна глава

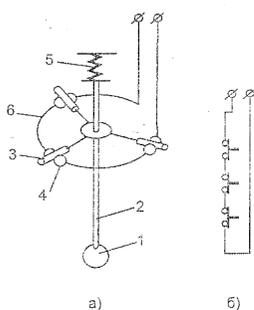
Виктория Карачорова, Любомир Яковлев, Валентин Михов
Научен ръководител: Димитър Димитров

Device for investigation of accuracy of 3D touch probes. Measuring device is designed for testing the accuracy of TIG. Micrometric movements performed by instrumental microscope Karl Zeiss. Measurement and reporting of the position used linear encoder HEIDENHAIN.

Key words: 3D touch probe, accuracy

ВЪВЕДЕНИЕ

Трикоординатните измервателни глави (ТИГ) от контактен тип са основен елемент в системите за координатни измервания както на координатно измервателни машини, така и на металорежещи машини (ММ) с цифрово програмно управление (ЦПУ) [2]. Най-широко разпространение към момента намират ТИГ от дискретен тип, използващи при работа кинематично съпротивителна система.[1,2,4] Предназначението им се изразява в това при взаимодействие (контакт) с измервания обект да генерират измервателен сигнал. Сигналът служи за задаване на момента, в който да се отчетат координатите на точка спрямо измервателна координатна система. В тези ТИГ измервателния сигнал се изработва от фина електроконтактна система. Тя е показана на фиг.1. Подвижният възел (фиг. 1а), състоящ се от 3 дълги, цилиндрични ролки (поз. 3), закрепени към централно тяло, се базира върху 6 сачми (поз.4), закрепени към корпуса на ТИГ. Елементите (3) и (4) са изолирани от детайлите, към които са закрепени. В изходно състояние (фиг. 1а) подвижният възел е базиран и закрепен към сачмите (3) от пружина (5). Същевременно елементите (3), (4) и базовите им точки са част от електрическа верига (6) с 6 нормално затворени и последователно свързани контакти (фиг.1б).



Фиг.1 Електроконтактна система в ТИГ

При въздействие с достатъчно голяма сила върху осезателя (1), който най-често е със сферична форма, накрайникът (2) преодолява силата на пружината, извежда подвижния възел от изходното положение и някой от контактите се отваря. Разпадането на веригата се възприема като измервателен сигнал. След завършване на измерването ТИГ се отдръпва от измервания обект и под действие на пружината (5) контактната система заема отново начално положение. Точността на такъв модел ТИГ зависи главно от конструкцията, връзките и състоянието на основните елементи от електроконтактната система, а върху работата ѝ влияят различни смущаващи фактори, за измерването и изследването на повечето от които обаче е необходима подходяща измервателна техника.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се изведе от изходно положение подвижния възел, върху накрайника (2) трябва да се въздейства с определена сила. Тя трябва да преодолее силите на пружината и на триене в контактните точки. Макар и малка, тази сила предизвиква деформации в елементите на ТИГ, поради което от момента на докосване на (1) към измерваната повърхнина до отварянето на ел. верига е необходимо допълнително

преместване, наричано зона на нечувствителност или мъртъв ход. Силите, необходими за сработване на контактната система зависят не само от регулировката на пружината, но и от посоката на въздействие на измервателното усилие, положението на ТИГ в пространството, теглото и механичните характеристики на отделните детайли, на крайника 1 и т.н. [1,2,3,4]

За установяване влиянието на посочените фактори върху работата на ТИГ е необходима подходяща установка за изследване, която да дава възможност за измерване на показателите съпротивление на електроконтактната система и ход на задействане по осите X, Y и Z. в статичен режим [3]. Във връзка с предназначението на установката могат да се поставят и съответните основни изисквания към нея:

1.Осигуряване на плавни линейни микропремествания по една или две взаимноперпендикулярни оси в равнината и с граници около $\pm 0+2\text{mm}$.

2.Осигуряване на възможност за ъглово позиционно завъртане на ТИГ(въртяща маса).

3.Изключване или намаляване в максимална степен влиянието на смущаващи въздействия върху точността на измерване.

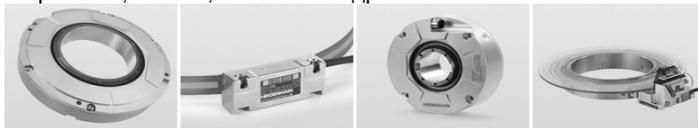
4.Висока точност на измерване с дискретност $0.1\mu\text{m}$.

5.Възможност за регистриране на два независими сигнала и съответни координати при докосване и при вътрешно прекъсване на веригата с кинематично съпротивителната система на ТИГ.

Подходящ за удовлетворяване на изисквания 1,2 и 3 е инструментален микроскоп на производителя KARL ZEISS JENA. Това устройство е проектирано, така че да се спазва принципът на Аббе от компонентите за линейни премествания. Направляващите са с минимални хлабини в сглобките и минимален коефициент на триене. Самите премествания се осъществяват чрез микрометрични винтови предавки. Конструкцията е олекотена, устойчива на топлинни въздействия и вибрации. Тъй като наличният модел инструментален микроскоп не разполага с възможност за отчитане на малки линейни премествания от порядъка на $0.1+0.5\mu\text{m}$ (за удовлетворяване на изискване 4) е необходимо вграждане на допълнително външно средство (датчик) за измерване. В качеството на такова в машиностроенето се предпочитат индуктивни и оптични фоторастерови преобразуватели.

В резултат на направеното проучване на средства за измерване на малки линейни премествания е установено, че фирма HAIDENHEIN [4] разполага с най-широка гама от такива и предлага следните възможности:

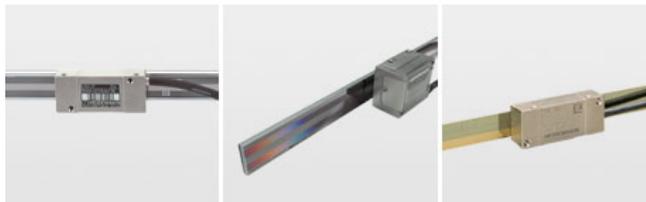
1. Кръгови фоторастерни преобразуватели (ъглови) енкодери (фиг.2). Те имат точност по-голяма от $\pm 5''$ и повече от 10000 импулса на оборот. Намират приложение във въртящи се NC маси на металорежещи машини, въртящи се глави на металорежещи машини, прецизни ъглови измервателни маси, точни устройства за ъглова метрология, антени, телескопи и др.



Фиг.2 Ъглови енкодери на HAIDENHEIN

Кръговите (ъглови) енкодери имат висока разрешаваща способност, но тяхното вграждане би наложило основно преработване на механизма за микропремествания на инструменталния микроскоп, а и цената им е висока.

2. Линейни енкодери. Предлагат се енкодери от отворен или затворен тип с висока разрешаваща способност. Затворените са с висока степен на защита срещу замърсяване и са подходящи по-скоро за монтиране на всякакъв род машини.



Фиг.3 Открити линейни енкодери

Откритите линейни енкодери (фиг.3) са проектирани за използване в машини и уреди, нуждаещи се от много голяма точност на измерванията. Откритите линейни енкодери се състоят от скала или градуирана лента и сканираща глава, които работят без механичен контакт. Скалата на отворените линейни енкодери се закрепва директно към монтажната повърхност. Затова гладкостта и точността на обработване на монтажната повърхност са основните предпоставки за точността на измерване впоследствие.

Всички предлагани линейни енкодери, имат висока разрешаваща способност, но конструкцията на направляващите и корпуса на конкретния модел микроскоп не са подходящи за тяхното вграждане без значително преработване. Цената им също е много висока.

3. Инкременталните сонди за дължина. Това са фоторастерови устройства на HEIDENHAIN, които предлагат висока точност дори и при големи измервани разстояния. Те се използват в индустриалната метрология, при многоточкови тестови измервания, в измервателното оборудване и като енкодери за позиция.



Фиг.4 Сонди за дължина HEIDENHAIN

Основните предимства на сондите за дължина на HEIDENHAIN са:

-Голям диапазон на измерване. Предлагат се с големи измервателни обхвати от 12 mm, 25 mm, 30 mm, 60 mm или 100 mm, което осигурява възможност за измерване чрез еднократна настройка на оборудването.

Голяма точност и повторямостта на измерванията. Валидна е за цялата измервателна дължина.

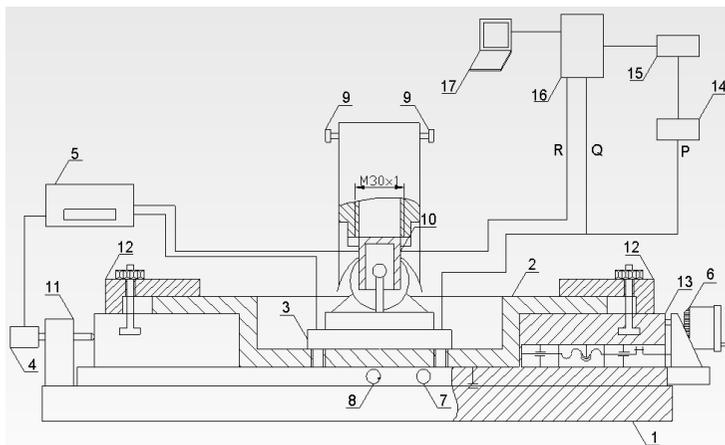
-Висока надеждност. Произведени са за употреба в индустриална среда. Характеризират се с константна висока точност при дълъг период на употреба, както и с висока термична устойчивост.

-Изгодна цена. Цената на този тип сонди често е от няколко пъти до няколко десетки пъти по-ниска в сравнение с цената на аналогичните линейни и ъгови енкодери.

Универсалност. Външното им оформление позволява удобно и многовариантно вграждане.

Изброените по-горе предимства на фоторастеровите сонди определят и избора на конкретен модел за целта MT1201.

Установката за измерване в статичен режим е показана на фиг. 1.



Фиг.4 Установа за изпитване на ТИГ

Използвана е компоновката на инструментален микроскоп. С (1) е означен корпуса на микроскопа, снабден с микрометрична система за премествания (6), задвижваща подвижната маса (13), заедно с фланеца (2), закрепен към нея с планките (12). На дъното на фланеца е осигурена възможност за електроизолирано установяване на различни видове ТИГ (3). Чрез специална скоба (11) към корпуса (1) е закрепена сондата HEIDENHAIN (4), която заедно с електронния блок (5) отчита и записва позициите на масата при подаден сигнал от ТИГ. Към вертикалната колона е закрепен работен калибър (10), който чрез ръкохватките (9) може да се премества вертикално. Чрез ръкохватката (8) масата може да се завърта на различен ъгъл около вертикалната ос през накрайника на ТИГ. Посредством аналого-цифровия преобразувател (16), тип USB 6001, електронния блок (5) и с помощта на компютъра (17) със софтуера [5] могат да се записват и обработват сигналите:

- От вътрешно-контактната система на ТИГ – сигнал Q;
- Същият сигнал, но след като е преминал през системата за формиране и безконтактно предаване на сигнала P;
- Сигнал R от докосването на измервателния накрайник до упора (6). Сигналят R се получава при докосване на измервателния накрайник на ТИГ към калибъра (10). Той се използва като опорен сигнал за установяване на закъснението на сигнала Q и съответно на зоната на нечувствителност на ТИГ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Разработена е установа за изпитване на точност на ТИГ без необходимост от съществени промени или доработване в конструкцията на инструменталния микроскоп.

- Необходимо е да се изработят минимален брой допълнителни елементи (присъединителен фланец за установяване на ТИГ и закрепваща скоба за датчика).

- Избраната сонда позволява осъществяване на прецизни микроизмервания.

- Създадената установа позволява изпитване на ТИГ в различни направления на равнината XY

- Използването на компютърен софтуер позволява изследване на повече режими на работа и параметри на ТИГ и лесно събиране и обработване на данните.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Димитров Д. Трикоординатна измервателна глава. В: Международна научна конференция АМТЕСН-07, стр. с.223-226, Габрово, 2007

[2] Димитров Д., И. Замфиров и др. Разработване и изследване на система за трикоординатни измервания върху машини с ЦПУ, Отчет на ПРОЕКТ ФНИ 2009 – ФМТ – 04 на РУ “А. Кънчев”

[3] Димитров Д., Г. Ненов, Св. Йорданова, В. Карачорова. Изследване на възможността за компенсиране на систематичните грешки на трикоординатна измервателна глава чрез използване на сигнал от докосване. В: НК на РУ и СУ - 2011, Русе том 5, серия 2, Механика и машиностроителни технологии, стр. 73÷77, Русе, 2011.

[4] Замфиров И.Д.Димитров, и др. Разработване и изследване на нова конструкция трикоординатна измервателна глава за машини с ЦПУ, Отчет на ПРОЕКТ ФНИ 2008 – МТФ – 04 на РУ “А. Кънчев

[5] HEIDENHAIN, General Catalog, Touch Probes for Machine Tools, 2007, 2010;

За контакти:

гл.ас..Димитър Димитров, Катедра “ТММРМ” РУ”Ангел Кънчев”, ddimitrov@uni-ruse.bg, маг.инж. В.Карачорова, Катедра ”ТММРМ” РУ”Ангел Кънчев”, Vickie_best@abv.bg

Обработка детали с сложным профилем в среде CAD/CAM

Aleksandr Tšistokletov

Научен ръководител: Иво Атанасов

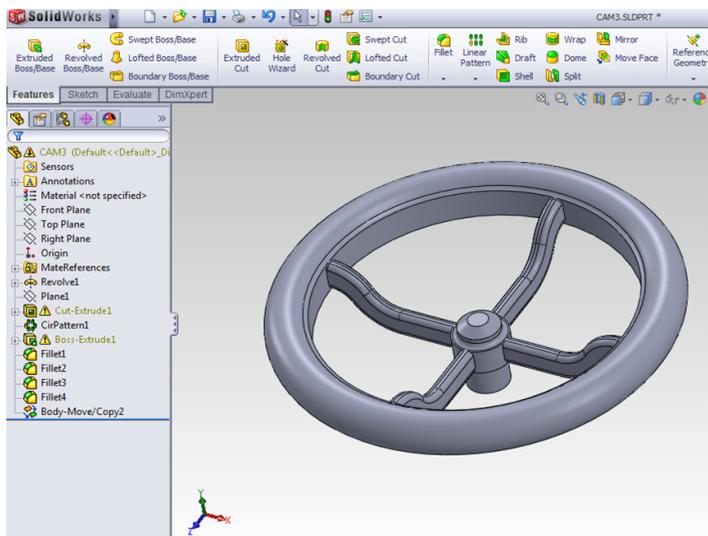
Investigation of methods of complex profile detail machining using CAM System FeatureCAM.

Carrying out the step-by-step process starting with determining the task and finishing with the accomplishing the NC code for further operations. Showing how to use essential functions like Automatic Feature Recognition and pointing out the difference between simple profile detail machining and complex respectively.

Key words: CAD/CAM Systems, SolidWorks, FeatureCAM, Automatic Feature Recognition

ВВЕДЕНИЕ. В своей работе я продемонстрирую поэтапно процесс изготовления детали вследствие преобразований в CAD/CAM системах. Процесс состоит из следующих этапов:

1. Постановка задачи: обработка детали со сложным профилем в среде CAD/CAM, например SolidWorks 2011 как CAD и FeatureCAM 2011 как CAM.
2. Создание 3D модели в CAD системе: SolidWorks (фиг.1)

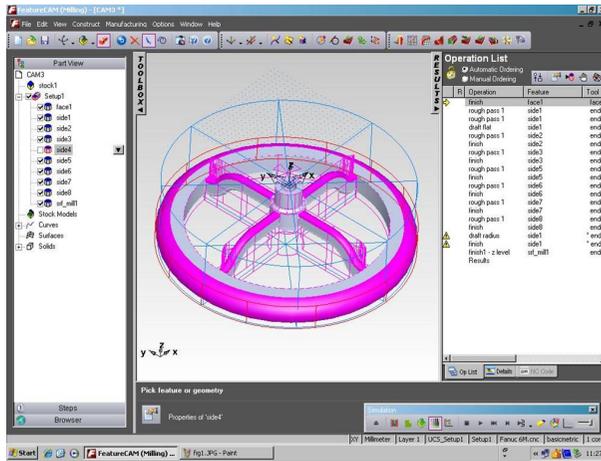


Фиг.1 Создание 3D модели в CAD системе **SolidWorks**

3. Импорт CAD чертежа в CAM систему FeatureCAM 2011 (фиг.2)
4. Осуществление необходимых преобразований и симуляция обработки. В случае необходимости внесение изменений в технологический процесс.
5. Как результат получаем управляющую программу в виде NC кода. Импортировав NC код на обрабатывающий центр имеем возможность обработки детали в металле.

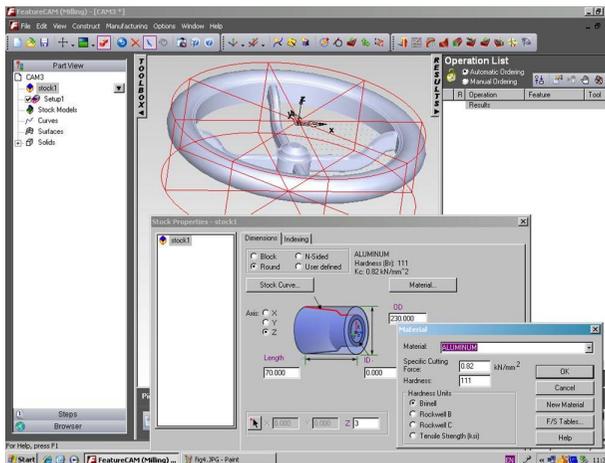
ИЗЛОЖЕНИЕ. Импорт и преобразование в системе FeatureCAM

Импорт и преобразование в системе FeatureCAM происходит следующим образом:



Фиг.2 Импортowanie CAD чертежа в САМ систему FeatureCAM

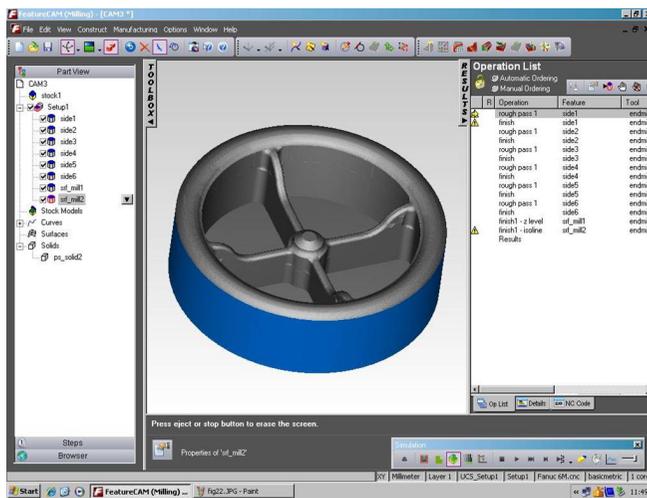
1. Импортowanie CAD файла в FeatureCAM
2. Необходимо определить положение системы координат и определить расположение координатной оси Z. Определить в какой плоскости будет происходить обработка детали.
3. Система способна автоматически определить оптимальные размеры заготовки исходя из размеров детали. При этом можно ввести дополнительные корректировки: величина отступа по всем трём направления (длина, ширина, высота)



Фиг.3 Определение оптимальные размеры заготовки исходя из размеров детали

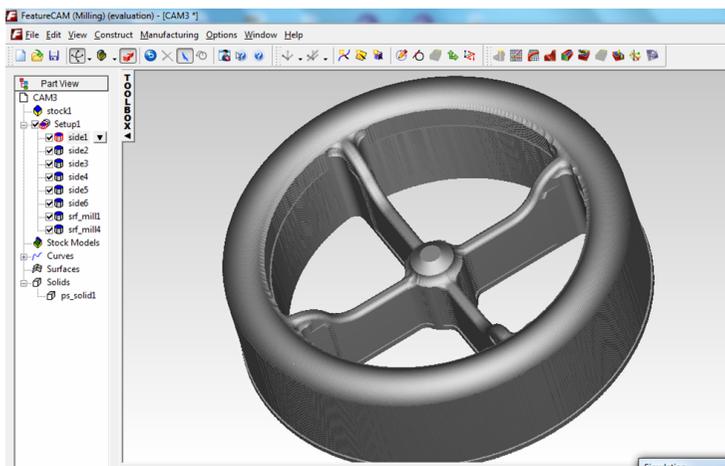
4. Затем следует обозначить положение начала системы координат. В положении: Lower Left (LL) определяется начало системы координат заготовки. Координаты соответственно (0;0;0)
5. После необходимо указать число координатных осей обрабатывающего центра.

6. Выполнив эти действия, следующим шагом является определение технологических переходов и параметров оптимальных для обработки заданной детали. С этим действием вполне успешно справляется функция: Automatic Feature Recognition (автоматическое распознавание параметров детали).

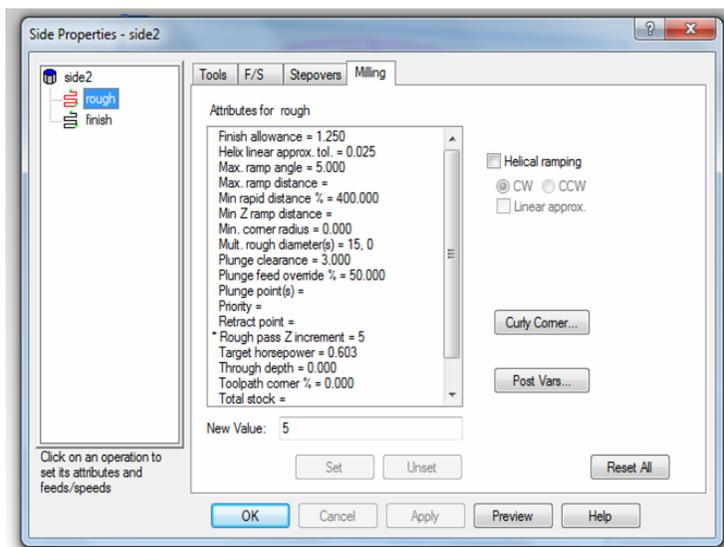


Фиг.4 Результат функции: Automatic Feature Recognition (автоматическое распознавание параметров детали)

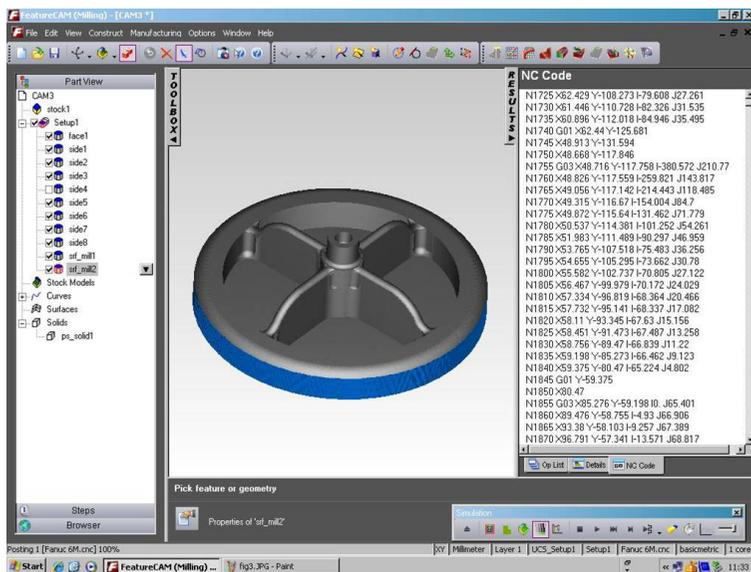
7. Используя функцию AFR система составила операционный лист. Теперь можно просмотреть симуляцию обработки и оценить соответствие полученного результата к желаемому. (фиг.5)
8. Как показывает практика, при обработке детали со сложным профилем, часто не достаточно использование лишь AFR функции. При обработке такой детали, система не всегда выбирает оптимальные технологические параметры и инструмент. Как следствие, необходимо вносить изменения вручную, что требует более глубокого знания программы. (фиг.6)
Корректировать можно не только технологические параметры (режим резания, стратегия обработки и т.д) , но также гибкость в зависимости от состояния металлообрабатывающей машины, которую можно регулировать процентуально от проектировачных параметров машины. Также можно корректировать параметры режущего инструмента – вид пластины, геометрия и параметры державки.
9. С помощью функции New Feature Wizard (NFW) можно внести корректировки в технологическом процессе.
10. Получение управляющая программа ЧПУ – NC Code – установление 1(фиг.7)
11. Получение управляющая программа ЧПУ – NC Code – установление 2



Фиг.5 Резултат после симуляции 3D



Фиг.6 Возможность изменения параметри резанием



Фиг.7 NC Code – установление 1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе продемонстрирован пошаговый процесс обработки детали со сложным профилем с помощью CAD/CAM систем.
2. Возможности использования FeatureCAM в случае обработки детали со сложным профилем. Выбор оптимальной стратегии обработки.
3. Симуляция обработки и при необходимости, внесение различных корректировок с целью достижения оптимального процесса обработки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каравасилев О., К.Василев, И.Атанасов Учебно пособие за FeatureCAM – част 1; София, Технолога ЕООД, 2009, стр.335, ISBN 978-954-9334-11-1.
- [2] Атанасов И. CAD/CAM системи – Ръководство за упражнения, Русенски университет, WEB+CD на ЦДО при РУ, 2008.
- [3] Н. Тодоров, Автоматизация на проектирането в машиностроенето, “Техника”, София, 1994.
- [4] С. MCMahon, CAD/CAM – from Principles to Practics, Addison- Wesley, 1993.
- [5] www.ditra.bg

За контакти:

гл.ас.инж. Иво Атанасов, катедра “ТММРМ”, МТФ, РУ”Ангел Къчнев”,
 E-mail: iatanasov@uni-ruse.bg
 Aleksandr Tšistokletov, Pärna 37-23, Kohtla – Järve, 30325; Ida – Virumaa,
 Estonia, E-Mail: tsistokletov@mail.ru

Изследване възможностите за реализиране на часовников механизъм чрез бързо прототипиране

автори: инж. Калоян Стоянов, д-р инж. Николай Станков
научен ръководител: гл. ас. д-р инж. Александър Иванов

Clock mechanism design: The paper presents investigation of the possibilities to produce clockwork using rapid prototyping. It is determined that module m should be no less than 1 mm. An original approach to remove the tracks of initial contour extruding points has been applied.

Key words: Clock Design, CAD Modeling, Involute Profiles, Rapid Prototyping Accuracy.

ВЪВЕДЕНИЕ

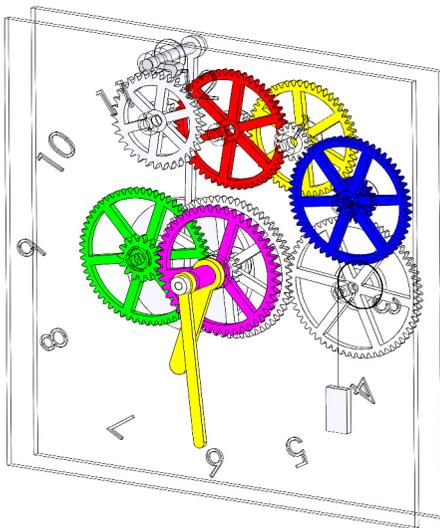
До 1657 г. съществува голямо разнообразие от конструкции на часовникови механизми, като при всяка от тях са били на лице редица проблеми, довели до тяхното ограничено използване, както и редица недостатъци свързани с начина им на работа [1].

В началото на XIV век механикът Енрико Джанти е изобретил часовник с механично задвижване с помощта на пружина и регулируем махален механизъм [2]. Точността, с която е отмервал времето е била толкова висока, че е съизмерима с тази на съвременните механични часовници.

В настоящата работа се представя изследването на възможността за реализиране на часовников механизъм (фиг. 1), разработен на базата на конструкцията на Джанти, като вместо пружина се използва тежест. Конструкция е съобразена с изискванията на бързо прототипиращото оборудване, налично в лабораторията по „Ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране“ към катедра ТММРМ на Русенския университет.

За реализирането на конструкцията на часовников механизъм чрез бързо прототипиране, са предявени следните ограничения:

- да се минимизират разходите за изработване на прототипите;
- при минимални възможни размери на прототипите да се провери тяхната точност и работоспособност;
- за целите на бързото прототипиране, при проектирането на елементите да се работи с номинални размери. Ходовите слобки трябва да са с хлабина 0.15 – 0.20 mm, а слобките с гарантирана стегнатост трябва да са реализирани с номинални размери;
- разположението на осите на зъбните колелета да гарантира нулева радиална хлабина;
- където е нужно да се предвидят елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.



Фиг. 1 Общ вид на тримерния модел на конструкцията на часовника.

ИЗЛОЖЕНИЕ

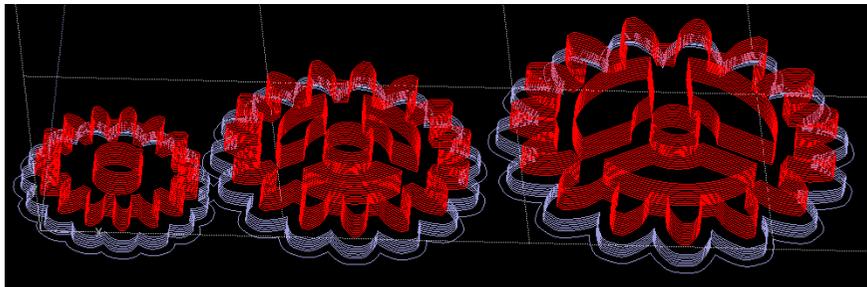
1. Определяне модула на зъбните предавки.

Преди да се пристъпи към окончателното тримерно моделиране на представената конструкция на часовников механизъм, са проведени няколко експериментални изследвания свързани с предявените към разработката изисквания.

Себестойността на прототипите зависи почти изцяло от обема на използвания при прототипирането моделен и поддържащ материали. За да се минимизират разходите за изработване на прототипите, което е едно от поставените изисквания, са проведени предварителни изследвания, чрез които са определени минималните възможни размери на прототипите, при които те запазват своята работоспособност.

За тримерното моделиране на използваните зъбни предавки е нужно и да се определи модулът им, който при постоянна големина на останалите конструктивни елементи, се оказва основният фактор, от който зависи обема на използваните моделен и поддържащ материали.

За провеждане на необходимите изследвания са изработени 66 броя зъбни колела с различен модул m и брой зъби z (фиг. 2).



Фиг. 2 Схема на послойно изграждане на прототипи на зъбни колела с брой зъби $z=15$ и модул $m=1, 1.5$ и 2

За модулът m са използвани 22 различни стойности (от 0.8, 0.9, 1, 1.05, 1.1, 1.15 до 1.8, 1.85, 1.9 и 2), а за всяка отделна стойност на модула са направени по три зъбни колелета с брой на зъбите $z - 15, 52$ и 62 .

За всеки комплект зъбни колела с еднакъв модул m са направени оси със съответните междусосови разстояния, на които да се поставят зъбните колела.

Работоспособността на прототипите на зъбните колела зависи най-вече от точността, с която те са изработени. За комплексното определяне точността на изработените зъбни профили е използвана дължината на общата нормала, измервана с инструментален микроскоп.

Втората част от направеното изследване е свързано с проверка на плавността на работа на зъбните предавки.

Проведено е и трето изследване имащо за задача да провери до каква степен еволвентния профил на прототипите на зъбните колела се отклонява от теоретичния еволвентен



Фиг. 3 Формиране на единичен слой от прототип на зъбно колело с модул $m=1$ и брой зъби $z=52$

профил.

За реализирането на това изследване е направено сканиране на зъбните колела, изработени само от един слой моделен материал (фиг. 3) с дебелина 0.33mm, при резолюция на сканиращата система 3600 dpi.

Полученото сканирано изображение се вмъква в средата на SolidWorks и се напасва върху тримерния модел на съответното зъбно колело. След което контурът му се копира и се отчита максималното отклонение спрямо аналитично профилирания еволвентен профил.

Установено е, че при модул $m \geq 1$, отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.08 mm, което за целите на настоящата разработка е напълно достатъчно. С увеличаване на модула m и броя на зъбите z , точността с която се изработват профилите на зъбните колела не се променя.

Установено е, че при модул $m \geq 1$, плавността на работата на изработените зъбни колела удовлетворява целите на настоящата разработка. С увеличаване на модула m и броя на зъбите z , плавността на работата на зъбните колела се подобрява.

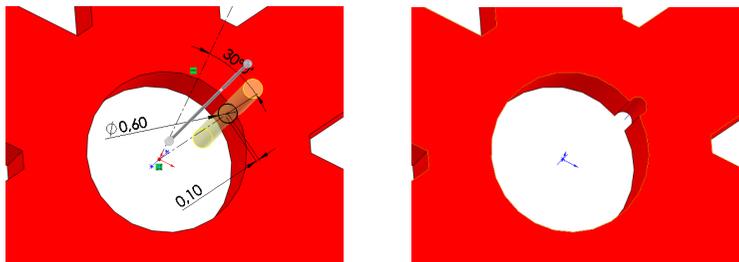
При зъбните колела с модули $m=0.8$ и 0.9 mm, и брой зъби $z=15$, 52 и 62 , отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.75 mm, а несъвпадането на профила на зъбите с аналитично определения е значително.

При сдружаване на зъбните колела с модул $m=0.8$ и брой зъби $z=15$ се наблюдава заклиняване.

В зависимост от получените резултати е взето решение конструкцията на часовника да се изработи със зъбни колела с модул $m=1$.

2. Елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.

Характерен ефект наблюдаван върху повърхнината на детайли изработени чрез FDM технологията за бързо прототипиране, е появата на изпъкналости в зоната, в която екструзионната глава започва и завършва полагаането на контурния слой моделен материал. Съществен момент при моделирането на всички детайли от конструкцията на часовника, при които има наличие на присъединителни отвори или сдружавани повърхнини, е предвиждането и добавянето на елементи за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране.



Фиг. 4 Елементи за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране. Не съществува точно определен подход, чрез който да се реши този проблем.

В представената работа е използвано оригинално решение, приложено при моделирането на тримерните файлове – изрязване на канал с точно определена геометрия и положение спрямо централният отвор на зъбното колело (фиг. 4).

Както се вижда от фиг. 5, след използване на елемент за избягване на начално – крайните следи от бързото прототипиране, екструзионната глава измества началната точка на описване на контура извън централния отвор. По този начин

следите излизат извън контактната зона, без да се нарушава целостта на контурния слой моделен материал.



Фиг. 5. Оформяне на отвора на зъбното колело, преди и след използване на елемент за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране

Същият подход е необходимо да бъде използван и при тримерното моделиране на осите, върху които ще се монтират всички зъбни колела.

Ефектът от използването на елементи за избягване на начално – крайните следи при бързото прототипиране, се изразява в значително подобряване на плавността на завъртане на зъбните колела около техните оси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Установено е, че при модул $m \geq 1$ отклонението на общата нормала, с която са изработени зъбните профили е в рамките на ± 0.08 mm, което за целите на настоящата разработка е напълно достатъчно. С увеличаване на модула m и броя зъби z , точността с която се изработват профилите на зъбните колела не се променя.
2. Установено е, че при модул $m \geq 1$, плавността на работата на изработените зъбни колела удовлетворява целите на настоящата разработка. С увеличаване на модула m и броя зъби z , плавността на работата на зъбните колела се подобрява.
3. Възможно е изработването на работещ прототип на представената конструкция на часовников механизъм, ако зъбните предавки са с модул $m=1$.
4. Използван е оригинален подход за извеждане на начално - крайните следи от бързото прототипиране, извън зона на контакт между централните отвори на зъбните колела и техните оси.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. www.britannica.com

[2]. www.clockmakers.com/john_harrison_sea_clock

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, url: <http://rapidprototype.uni-ruse.bg> ; e-mail: akivanov@uni-ruse.bg

д-р инж. Николай Тодоров Станков, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, e-mail: nstankov@uni-ruse.bg

инж. Калоян Стефанов Стоянов, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: kokostoyanov@yahoo.com

Проектиране на часовников механизъм

автори: инж. Капоян Стоянов, д-р инж. Николай Станков
научен ръководител: гл. ас. д-р инж. Александър Иванов

Clock mechanism design: *The paper presents modifying, designing and 3D CAD modeling of old clock construction. Using CAD system SolidWorks the new construction has been designed. Gear involute profiles have been defined using only impute parameters – module “m” and number of teeth “z”. Work efficiency of the new construction has been proofed, producing it by Rapid Prototyping.*

Key words: *Clock Design, CAD Modeling, Involute Profiles.*

ВЪВЕДЕНИЕ

В древни времена, бавно движещите се звезди са сочили за промяната на сезоните и са служили за измерване живота на хората. В наше време, яростното движение на електроните в атомите, измерва милиардни от секундата на нашия, далеч не толкова спокоен живот. Съвременните средства за измерване на време работят плавно и изумително точно, и въпреки това те никога не могат да върнат дори един единствен отминал миг.

За създател на идеята за конструкцията на съвременните механични часовници е считан холандският математик Християн Хюйгенс, създал през 1657 г. механичен часовник с махален механизъм [1, 2, 3]. Въпреки това е имало и множество други учени, които са работили и са постигнали значителни резултати в това направление, но са останали в сянката на времето.

До 1657 г. съществува голямо разнообразие от конструкции на часовникови механизми, като при всяка от тях са били на лице редица проблеми, довели до тяхното ограничено използване, както и редица недостатъци свързани с начина им на работа [1].

В началото на XIV век, механикът Енрико Джанти е изобретил часовник с механично задвижване с помощта на пружина и регулируем махален механизъм [2]. Точността, с която е отмервал времето е била толкова висока, че е съизмерима с тази на съвременните механични часовници.



Фиг. 1 Съвременно копие на един от часовниковите механизми, проектиран от Джанти

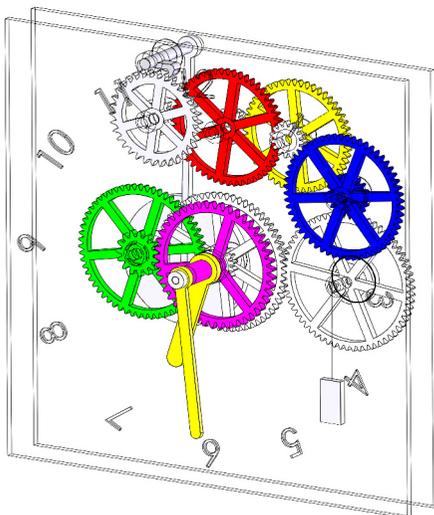
Оригиналната конструкция на Джанти, показана на фиг. 1, е била изградена от 41 основни елемента – пружина, зъбни колела, махало, оси, времелителен механизъм и т.н.

Гениалността на механикът Енрико Джанти е не само в това, че е съумял да разработи този механизъм, но и във факта, че той е използвал много малко метални елементи – като цяло кинематиката на неговият механизъм е била изработена предимно от дърво.

Основен недостатък на тази конструкция е сложността на връзката на времелителния механизъм с махалото, като дори и при най-малкото външно въздействие в работата на часовника, махалото е спирало своето движение.

Този недостатък е намерил своето решение цели 320 – 330 години по-късно с изобретяването на анкерния механизъм [1, 2, 3].

В настоящата работа е представено модифицирането, опростяването и тримерното моделиране на конструкцията на Джанти, като вместо пружина се използва тежест. Конструкция е съобразена с изискванията на бързо прототипиращото оборудване, налично в лабораторията по „Ресурсоспестяващи технологии и бързо прототипиране“ към катедра ТММРМ на Русенския университет, където часовникът е изработен.



Фиг. 2 Общ вид на тримерния модел на конструкцията на часовника

вариант на часовника на Джанти е само с часова стрелка. На фиг. 3 е представена разработената конструкция на часовника в разглобен вид, с изнесени позиции за всеки един от изграждащите я елементи.

Разработената конструкция е разглобяема (фиг. 3), но в нея няма нито един резбови скрепителен елемент. Материалът от който е изработен всеки от детайлите на часовника позволява да се използват скрепителни елементи, но при няколкократно завиване и развиване на металните винтове се нарушава целостта на скрепителните колонки. Този факт налага да се търси друго решение за реализиране на нужните закрепвания, без това да води до разрушаване на

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Описание на разработената конструкцията на часовников механизъм

Разработената конструкция (фиг.2) се състои от 29 елемента, в това число и нишката, която съединява тежестта с макаратата. По-малкият брой елементи се дължи на:

- съкращаване веригата на анкерния механизъм, в която участват само 9 зъбни колела, в това число задвижващото и анкерното зъбни колела;

- опростяване на конструкцията на времелителния механизъм и махалото. Това е реализирано без да се пречи на възможността за промяна дължината махалото, което е единственият начин за регулиране точността на часовника.

Въпреки, че е намален броят на детайлите, към конструкцията на часовника е добавена и верига на минутната стрелка – оригиналният

детайлите на часовника. Намереното решение позволява в цялото изделие да няма нито един резбови скрепителен елемент, като закрепването на детайлите един към друг става за сметка на еластичните деформации възникващи при сглобяването им.

За задвижването на часовника се използва тежест, която посредством тънка текстилна нишка е свързана към макара, която чрез храпов съединител предава движението на задвижващото зъбно колело. Когато нишката е навита тя автоматично ще се стреми да се развие – преобразувайки потенциалната енергия на

тежестта в кинетична. Когато нишката се развива, праволинейното движение на тежестта се трансформира във въртливо и предава движението на зъбното колело. Ако няма какво да я спира или регулира, макаратата с нишката ще се развие рязко.

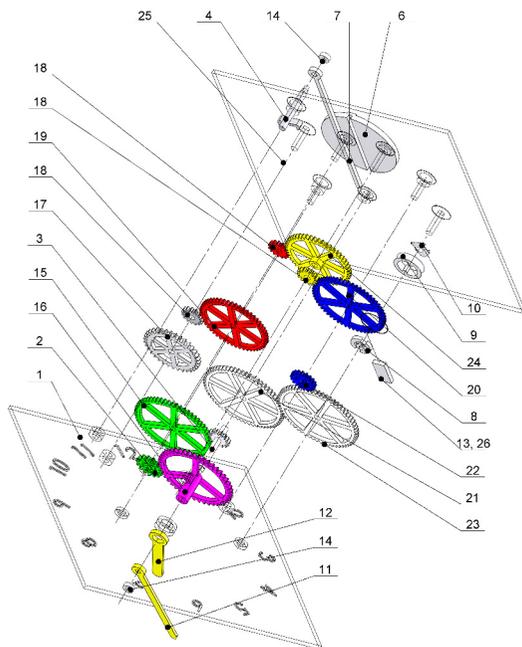
Към самият времеделителен механизъм са добавени анкер и анкерно зъбно колело, които осигуряват незатихващо люлеене на махалото на часовника – елементи, които не съществуват в първоначалния вид на конструкцията от началото на ХІІІ век. Чрез анкерният механизъм нишката не се развива рязко.

Възелът на задвижващото колело (23) представлява еднопосочен съединител, с чиято помощ нишката (26), свързваща задвижващото колело (23) с тежестта (13), може лесно да се навие върху детайл макара (9), без това да налага движение на останалата част от часовниковия механизъм.

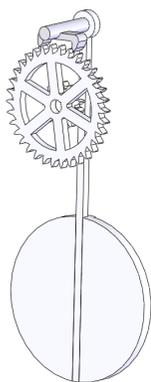
Задвижването на разработената конструкция на часовника става само и единствено за сметка на тежестта (13), а продължителността на работа зависи от дължината на нишката (26) свързваща тежестта с макаратата.

2. Начин на работа и регулиране на разработената конструкция на часовников механизъм

Като част от анкерният възел (фиг. 4), махалото действа като регулатор, който контролира скоростта на часовника и я запазва постоянна. Рамото на махалото се движи в същата посока и със същата ъглова скорост като махалото. Височината на рамото подsigурява анкерното колело и се движи с постоянна скорост. То действа също и като спирачка срещу силата, упражнявана от тежестта.

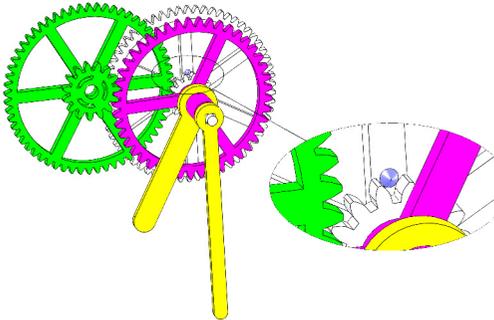


Фиг. 3 Разглобен вид на разработената конструкция



Фиг. 4 Анкерен възел.

Скоростта на анкерният механизъм се регулира от дължината на рамото на махалото. Колкото по-дълго е рамото, толкова по-бавно ще е движението. Колкото по-късо е рамото, то толкова по-бързо ще се движи махалото. Ако стрелките на часовника се движат прекалено бързо, махалото трябва да стане по-дълго. Ако стрелките на часовника се движат много бавно, махалото трябва да се скъси.



Фиг. 5 Верига на часовата и минутната

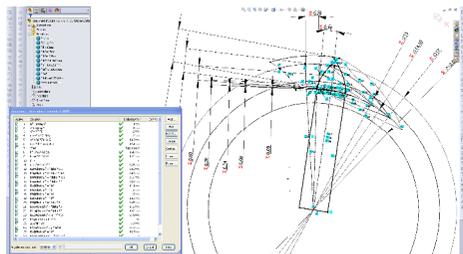
Веригата на часовата (12) и минутната (11) стрелки (фиг. 5), позволява часовникът да бъде сверяван, без това да води до излишно задвижване напред или назад на целият механизъм.

Сверяването на часовника се реализира посредством завъртането на минутната стрелка в нужната посока. При това завъртане, минутното зъбно колело се отцепва от стопирация конус, означен на фиг. 5 със син цвят, за сметка на еластичната деформация на елементите и обирание на хлабините в осово направление.

При сверяване, за веригата на часовата (12) и минутната (11) стрелки, няма значение в коя посока ще бъде завъртана минутната стрелка. При по-голяма част от механичните часовници, минутната стрелка при сверяване се задвижва само в положителната посока. Това се дължи на факта, че при моделите часовниците с по-опростени конструкции, при завъртане на стрелките в отрицателната посока се реверсира целият механизъм, което поражда дисбаланс във възелът на ротационния балансър, което може да доведе дори до заклиняване на анкерният механизъм.

3. Определяне профила на зъбите на зъбните колела

Както се вижда от фиг. 1 в конструкцията на Джанти са използвани цевни зъбни предавки. За опростяване на задачата е взето решение, профильт на моделираните зъбни колела да бъде еволвентен. Основен проблем при проектирането на подобни детайли, се явява фактът, че в библиотеките с които разполага CAD системата SolidWorks, зъбните колела са с опростен профил – дъга от окръжност, т.е. тези



Фиг. 6 Пълна формализация при проектирането на еволвентните профили, в зависимост от модула и броя на зъбите

модели не са подходящи за използване при моделирането на зъбни колела, които ще бъдат изработени чрез наличното оборудване за бързо прототипиране.

За целта е нужно профилът на моделираните зъбните колела да се изпълни като еволвента. Известно е, че при промяна на модула или броя на зъбите на зъбните колела, еволвентната крива се променя. В същото време е нужно бързо и лесно да се проектират голямо разнообразие от зъбни предавки, чиито профили да бъдат измерени и да се избере зъбна предавка с такъв модул, при който има минимален разход на материал, а точността с която профилът на зъбните колела е реализиран, позволява те да се използват при изработването на часовника.

За решаване на тази сложна задача и за ускоряване на процеса на тримерно моделиране е направена пълна параметризация и формализация на изчертаването на еволвентния профил (фиг. 6). Прието е, че изчертаването ще се извършва с помощта на сплайн (Spline) линия, като се използват 5 точки, лежащи на теоретичната еволвентна линия.

За моделиране на зъбните колела е създаден файл във вид на библиотечен елемент, чрез който при въвеждане на модула m , броя на зъбите z , броя на ребрата t и диаметъра на отвора на главината D , се генерира нова конфигурация на даденото зъбно колело.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Разработена е нова конструкция на часовников механизъм, моделирана в средата на CAD системата SolidWorks.
2. Изработен е работещ прототип на конструкцията чрез наличното оборудване за бързо прототипиране.
3. Създаден е библиотечен файл, чрез който моделирането на зъбните колела е изцяло параметризирано.

Разработената конструкция на часовниковия механизъм, работата по проектирането на нужните тримерни модели и работещият прототип на часовника, са класирани на второ място на републиканското студентско състезание по SolidWorks за 2011 г., в което участват представители на всички висши училища от страната.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. www.britannica.com

[2]. www.clockmakers.com/john_harrison_sea_clock

[3]. www.wikipedia.org

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, [url: http://rapidprototype.uni-ruse.bg](http://rapidprototype.uni-ruse.bg); [e-mail: akivanov@uni-ruse.bg](mailto:akivanov@uni-ruse.bg)

д-р инж. Николай Тодоров Станков, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 714, [e-mail: nstankov@uni-ruse.bg](mailto:nstankov@uni-ruse.bg)

инж. Калоян Стефанов Стоянов, Факултет „Машинно-технологичен“, Русенски университет “Ангел Кънчев”, [e-mail: kokostoyanov@yahoo.com](mailto:kokostoyanov@yahoo.com)

Съкращаване времето за обработване отворите на хидравлични цилиндри

автор: Невена Димитрова Димова
научен ръководител: проф. д-р Михаил Кършаков

Резюме: Производството на хидравлични и пневматични силови цилиндри от дълги години е приоритет в производствената листа на българската промишленост. Работата по усъвършенстване на технологичните процеси е свързана с разработването и внедряването на инструментална екипировка осигуряваща все по-висока производителност. В настоящата работа се предлага конструкция на инструмент за комбинирано обработване чрез разстъргване и повърхностно пластично деформиране (ППД), който може да осигури еднопроходно обработване на тръбни заготовки с нормална точност и да формира изискващото се качество на повърхнините.

Ключови думи: комбинирано обработване, хидравлични цилиндри, разстъргване, повърхностно пластично деформиране, производителност, качество.

ВЪВЕДЕНИЕ

В последните години в страната с нарастващи темпове се разширява производството на хидравлични и пневматични цилиндри. То се характеризира с голямо видово разнообразие на изделията, произтичащо от изискванията на различни потребители от почти всички държави в Европа.

Важно място в него имат цилиндричните тръби на хидравличните и пневматични силови цилиндри, които масово се използват в целия свят като изпълнителни органи на различни транспортни и други съоръжения и в производството на които действащи и в момента български фирми имат продължителна специализация и експортен опит. Такива са: "Хидравлични елементи и системи" (ХЕС) АД, гр. Ямбол; „Пневматика-Серта“ АД – Кърджали; „М+С Хидравлика“ АД – гр. Казанлък; „Бъдещност“ АД – гр. Чирпан; „Джебел 96“ ООД, гр. Джебел; "КИРКОВО" ООД, с. Кирково, обл. Кърджали; „Гарант“ АД – гр. Бяла Слатина; „Хидросистем“ ООД – гр. Ямбол; „Palfinger Groupe“ – с. Тенево.

Прегледът на достъпната литература и патентното проучване позволиха да се установи наличието на голямо разнообразие от инструменти за комбинирано обработване, предлагани от учени в Германия, Австрия, Англия, Русия, Украйна, Беларус, Япония, САЩ и др., но те не предлагат обосновани решения на основния въпрос, съпътстващ комбинираното обработване – намирането на рационален, от гледна точка на производителност и качество, режим на обработване при положение, че скоростите на главното и подавателното движения са еднакви за двете части, а допустимото подаване на деформиращата част надвишава значително това на рещещата.

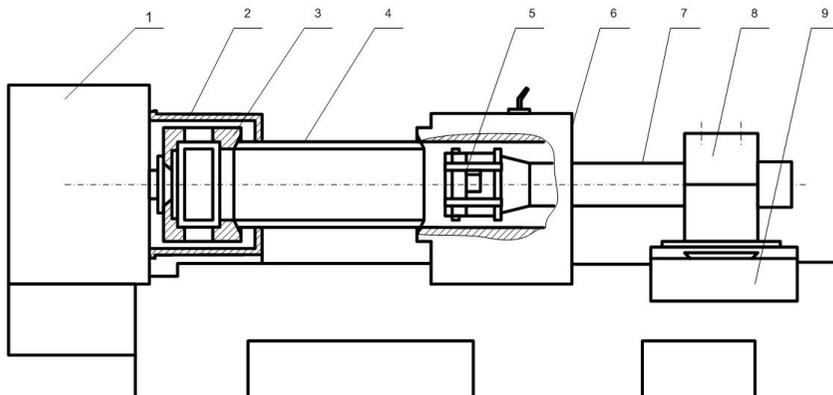
В настоящия момент фирмите, произвеждащи различни цилиндри в страната са принудени да решават технологичните си проблеми чрез внос на скъпоструващи комбинирани инструменти, като за всеки диаметър е необходим най-малко по един инструмент независимо от обема на партидата. Вносните инструменти са работоспособни при малки прибавки (до 0,6 mm), което налага използването на скъпоструващи, с повишена точност заготовки за реализиране на еднопроходно обработване или значителни разходи за предварително разстъргване.

Целта на настоящата работа е съкращаване времето за обработване на цилиндрични отвори чрез създаване на комбиниран инструмент за едновременно разстъргване и повърхностно пластично деформиране (ППД) осигуряващ изискванията за качество на повърхнините при еднократно преминаване през отворите на заготовки с нормална точност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

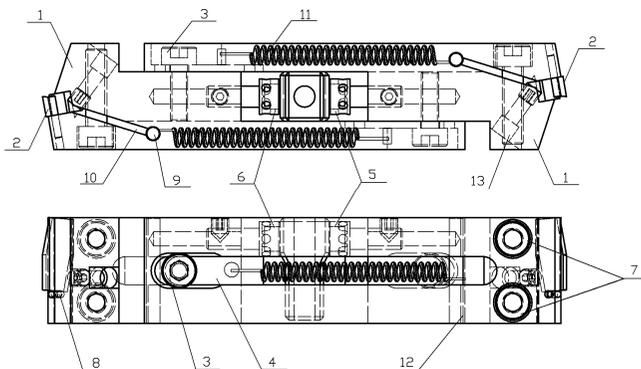
За постигане на поставената цел се предлага инструмент за комбинирано обработване показан на фиг.3. Той включва режеща, деформираща и присъединителна части и е предназначен за установяване към универсален струг с помощта на допълнителна технологична екипировка.

Общият вид на такава установка е показан схематично на фиг.1



Фиг. 1 Установка за комбинирано обработване на цилиндрични отвори: 1 – предно седло; 2 – кожух; 3 – преден център (обратен); 4 – заготовка; 5 – комбиниран инструмент; 6 – заден център; 7 – борщанга; 8 – опора; 9 – надлъжен супорт

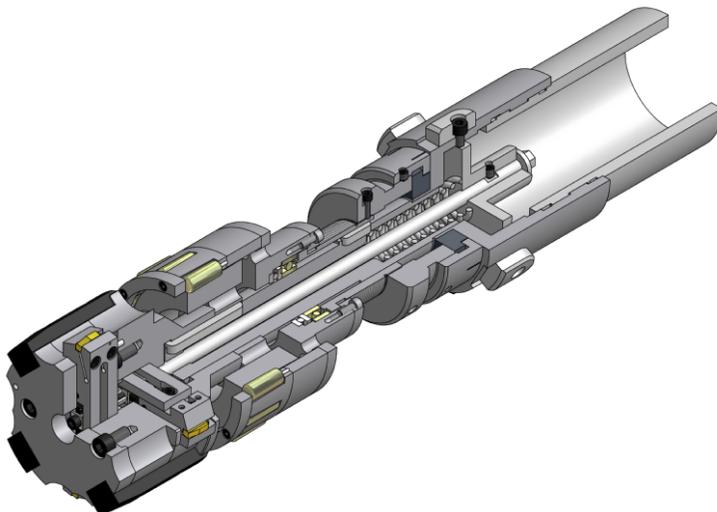
Режещата част на инструмента съдържа два двуножови подвижни блока със срещуположно разположени режещи пластини и 4 неметални направляващи. Направленията на свободно преместване на двата блока сключват помежду си ъгъл 90° , при което те се самоустановяват в резултат от динамичното равновесие на радиалните сили нарязане.



Фиг.2 Двуножов блок за разстъргване на хидравлични цилиндри

Конструкцията на двуножовия блок е показана на фиг.2. Той се състои от две еднакви призматични тела 1, сглобени едно към друго чрез едноименните си страни посредством винтове 3 и направляващи шпонки 4. Начинът на сглобяване осигурява

подвижност на телата едно спрямо друго. Във външния край на всяко от тях е закрепена механично твърдосплавна пластина 2 със специална форма и прави режещи ръбове. Пластините се базират в правоъгълни канали и се закрепват чрез винтове 7 благодарение на еластични деформации на телата в отслабени сечения, формирани чрез отвори 9 и прорези 10. Осовото положение на пластините се определя от опорни щифтове 8, а радиалното се настройва посредством винтове 13 така, че да се гарантира наличието на спомагателен установъчен ъгъл.



Фиг.3 Инструмент за комбинирано обработване

Размерът на статичното настройване се контролира с помощта на микрометър и се настройва чрез винтове 6 като разстояние между върховете на режещите пластини. По-лесно и по-точно това се прави с помощта на приспособление, изработено специално за тази цел. Ползването му при осово разместване на пластините е неизбежно.

Настроечният размер се поддържа неизменен под действието на два броя пружини 11, окачени така, че да действат сближаващо на пластините, срещу което противодейства стъпаловидната опора 5, контактуваща с челата на регулиращите винтове 6. След настройване на размер последните се законтрят към всяко от телата посредством винтове, които не се виждат на фигурата. Стъпаловидната опора изпълнява ролята на клин, който чрез по-ниското си стъпало осигурява по-малък настроечен размер при извеждане на инструмента, което се осъществява чрез осово преместване на клина в посока на подаването в края на работния ход. Работният настроечен размер на блока се възстановява чрез връщане на клина в изходно (работно) положение след края на бързия обратен ход на инструмента.

Описаната конструкция на режещата част позволява снемането на по-голяма прибавка (1-3mm), тъй като тя се разпределя между двата режещи блока, при което на втория се пада по-малката част (0,5-1mm). Причина за такова конструктивно решение е особената геометрия на режещите пластини и по-специално много малките установъчни ъгли. Това осигурява подходяща за ППД грапавост при големи подавания (1-4mm/rev) и широка стружка с малка дебелина, удобна за транспортиране чрез охлаждащата течност.

Деформиращата част на комбинирания инструмент представлява инструмент за ППД с осово подаване и къси конусни деформиращи ролки.

И двете части (режеща и деформираща) са снабдени с устройство за намаляване на работните им настроечни размери, което, при изтегляне на инструмента от обработения отвор, гарантира отсъствие на дефекти по огледалната му повърхнина. Двата размера се възстановяват едновременно в началото на следващия работен цикъл.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С описаната конструкция на инструмент за комбинирано обработване чрез разстъргване и ППД се постига значително съкращаване на времето за обработване, както чрез свеждане на необходимия брой преходи до един, така и поради високата скорост на подавателното движение. Съчетаването му с по-ниската цена на тръбни заготовки с нормална точност води до значително намаляване на разходите за производство на хидравлични цилиндри.

ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев В.И., Р.Х.Рачев, И.З.Иванов Модернизиран струг за разстъргване на силови цилиндри. Научни трудове на ВТУ, т. XXVI, Русе, 1984
2. Георгиева Н.А. Обработване на хидравлични цилиндри чрез комбинирани инструменти. Дисертация, София, юни, 2009
3. Костадинов В.С., М.К.Кършаков Алгоритъм за избор на схема за прилагане на повърхностно пластично деформиране при обработване на отвори. Машиностроене, машинознание, бр.6, Варна, 2008
4. Костадинов В.С., М.К.Кършаков Особенности при определяне броя на деформиращите ролки на комбинирани инструменти за повърхностно пластично деформиране. XVII ННТК с международно участие „АДП-2008”, бр.3, Семково, 2008
5. Костадинов В.С. Особенности при обработване на повърхнините чрез ППД с комбинирани инструменти. Научни трудове на ВТУ „Ангел Кънчев”-Русе, Т. XXXII, 1989.
6. Костадинов В.С. Схемни решения на плаващи режещи блокове. Научни трудове на ВТУ „Ангел Кънчев”-Русе, Т. XXXII, 1989.

За контакти:

Невена Димитрова Димова, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “КПМУ”, e-mail: nevena@uni-ruse.bg.

Проф. д-р Михаил Кършаков, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра ТММРМ тел.: 082-888 309, e-mail: mkarshakovv@uni-ruse.bg.

Инструмент за обработване на дълбоки отвори с високи изисквания за качество на повърхнините им

автор: Галя Любомирова Върбанова
научен ръководител: проф. д-р Михаил К. Кършаков

Резюме: Обработването на дълбоки отвори е свързано с със сравнително високи разходи поради сложността на използваната екипировка и продължителността на процеса. Усъвършенстването на методите и средствата за повишаване качеството на повърхнините е проблем с непрекъсната актуалност. В статията е разглеждана конструкцията на инструмент с помощта на който се реализира едновременно разстъргване на отвора и довършващо обработване чрез повърхностно пластично деформиране (ППД)

Ключови думи: дълбоки отвори, разстъргване, повърхностно пластично деформиране, комбинирано обработване.

ВЪВЕДЕНИЕ

Работата по усъвършенстване на технологичните процеси и екипировка за обработване на дълбоки отвори в машиностроителното производство винаги се е характеризирала и продължава да се извършва с висока интензивност. Причина за това е голямата трудопоглъщаемост на обработването, което се дължи на ограниченията, наложени от по-трудната достъпност на вътрешните в сравнение с външните повърхнини.

Основният проблем, който е от особено значение при серийното производство, е ниската производителност на класическите методи за получаване на отворите, който се проявява с нарастваща сила с повишаване на изискванията към качеството на обработените повърхнини.

Друг, съпътстващ проблем е затрудненото извеждане на стружките, отпадащи при разстъргването, извън зоната на рязане, който, ако не се реши успешно, довежда до влошаване на качеството или до аварийно прекратяване на обработването. Преодоляването му е свързано с формата и размерите на стружките.

И двата проблема се изострят с нарастване на дължината на отворите, което прави работата по усъвършенстване на технологичните системи за обработване на дълбоки отвори подчертано актуална. Актуалността ѝ се подкрепя и от факта, че всеки принос в решаването им носи сериозен технико-икономически ефект, тъй като делът на дълбоките отвори в съвременното промишлено производство е значителен и продължава да нараства. Важно място в него имат цилиндричните тръби на хидравличните и пневматични силови цилиндри, които масово се използват в целия свят като изпълнителни органи на различни транспортни и други съоръжения и в производството на които действащи и в момента български фирми имат продължителна специализация и експортен опит.

Голямата дължина на отворите и стремежът за постигане параметрите на качеството на повърхнините им при минимален разход на време намират израз в едновременното реализиране на процесите разстъргване и повърхностно пластично деформиране (ППД) с помощта на специализирани стругови машини и инструменти, представляващи комбинация от режеща и деформираща части, наречени за краткост комбинирани инструменти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Сборният чертеж на такъв инструмент е показан на фиг.1. Режещата част включва тяло 3 капак 1, центровъчен щифт 2 винтове 33, неметални направляващи 36 и подвижен двуножов блок 32, конструкцията на който не е описана тук, поместен в канал на тялото с квадратно сечение. Тази част е присъединена към носещ вал 31

чрез шпонково съединение и е неподвижно закрепена към него с помощта на челни винтове, които не се виждат на фигурата. Неметалните направляващи са твърдо закрепени в четири канала на тялото 3, при което са центровани така, че диаметърът на описаната около тях окръжност да е по-голям от обработения отвор и да е съосна с инструмента.

Деформиращата част има по-сложна конструкция, която включва конусни деформиращи ролки 5, поместени в сепараторна втулка 7 и ограничени с пръстен, опорни щифтове 6, опорна конусна втулка 29, монтирана към носещия вал 31 чрез шпонково съединение. Сепараторната втулка 7 е сглобена с винтове 9 към главина 8, посредством която лагерува към вала с помощта на радиален 28 и аксиален 10 лагери.

Главината 8 е свързана с възможност за въртене към резбова втулка 25 чрез гайката 26, която се фиксира неподвижно спрямо главината с помощта на винтове 12. Резбовата втулка 25 е монтирана към вала 31 чрез шпонково съединение с възможност за свободно осово преместване. То се реализира посредством регулираща гайката 14, сглобена с възможност за въртене към фланец 17 чрез гайката 16. Фланецът 17 е присъединен към вала с хлабина, но е неподвижен спрямо него благодарение на три шпилки 18, минаващи свободно през отвори в дъното на присъединителната гайка 20. Шпилките притискат фланеца 17 към челната повърхнина на гайката 20 под действието на пружина 23, опора 21 и винтове 19. Към опората 21 чрез резбово съединение и законтяща гайка 22 е присъединен прът 30, в свободния край на който е монтиран специален винт 34.

Присъединителната част на инструмента представлява гайката 20, към която неподвижно е присъединен носещ вал 31 и чрез която инструментът се установява към края на борщанга като се закрепва чрез широкоходова резба.

Настройването на деформиращата част се осъществява чрез осово преместване на деформиращите ролки 5 спрямо опорната конусна втулка 29. За целта се разхлабват застопоряващите винтове 15 и при въртене на регулиращата гайка 14 резбовата втулка 25 задвижва главината с лагерите и сепараторната втулка спрямо носещия вал 31 и конусната втулка 29. Върху челната повърхнина на гайката 20 има мерителна скала, от която едно деление отговаря на промяна на диаметъра на описаната около ролките окръжност (работния настроен размер) с $0,005\text{mm}$. На фиг.1 положението на ролките съответства на минималния настроен размер. Работният им настроен размер трябва да бъде по-голям от размера на статично настройване на блока с $0,15 \div 0,25\text{mm}$. По-малките стойности се прилагат при по-малки диаметри.

Работен цикъл на инструмента:

В изходно (настроено) положение установеният към борщангата инструмент се намира във вътрешността на корпус на задния център на установка и по-точно в отвора на направляваща втулка, явяваща се продължение на обратен център. Въртеливото главно движение се предава на заготовката от преден център чрез триене между установъчните повърхнини (при малки диаметри) или чрез сърце и палец. Подавателното движение се реализира чрез надлъжния супорт и обработването на повърхнината завършва, когато деформиращите ролки напуснат изходящото чело на заготовката и инструментът застане в кухината на предния център.

По време на работния ход през задния център се подава обилно МОТ, основната част от която преминава през отвори, изработени върху главината 8 и конусната втулка 9, транспортирайки стружките към предния център. През централен светъл отвор на борщангата се задейства избутващ прът, който достигайки опората 21, я премества в посока на подавателното движение, свивайки

натегнатата пружина 23 и посредством шпилките 18 и фланеца 17 това преместване се предава на цялата съвкупност от детайли, свързани със сепараторната втулка 7. В същото време и на същото разстояние се придвижва и пръта 30, при което режещата и деформиращата части на инструмента заемат размери, по-малки от настроените и инструментът се връща на бърз ход в изходно положение, контактувайки с обработената повърхнина само с неметалните си направляващи, които го предпазват от провисване. След края на бързия ход избутващият прът се оттегля и пружината 23 възстановява настроеното положение на двете обработващи части.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С описаната конструкция на инструмента се решава сериозният технически проблем, съпътстващ комбинираното обработване на отворите на хидравличните цилиндри у нас – извеждането на инструмента от обработения отвор на бърз ход без формиране на недопустими следи по огледалната му повърхнина

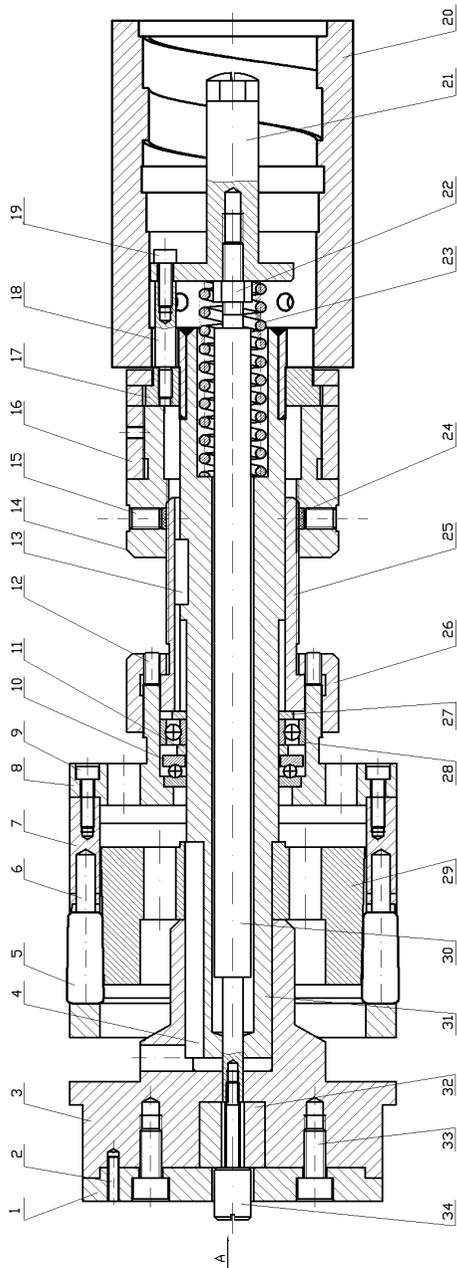
ЛИТЕРАТУРА

1. Георгиев В.И., Р.Х.Рачев, И.З.Иванов Модернизиран струг за разстъргване на силови цилиндри. Научни трудове на ВТУ, т. XXVI, Русе, 1984
2. Георгиева Н.А. Обработване на хидравлични цилиндри чрез комбинирани инструменти. Дисертация, София, юни, 2009
3. Костадинов В.С., М.К.Кършаков Алгоритъм за избор на схема за прилагане на повърхностно пластично деформиране при обработване на отвори. Машиностроене, машинознание, бр.6, Варна, 2008
4. Костадинов В.С., М.К.Кършаков Особенности при определяне броя на деформиращите ролки на комбинирани инструменти за повърхностно пластично деформиране. XVII ННТК с международно участие „АДП-2008”, бр.3, Семково, 2008

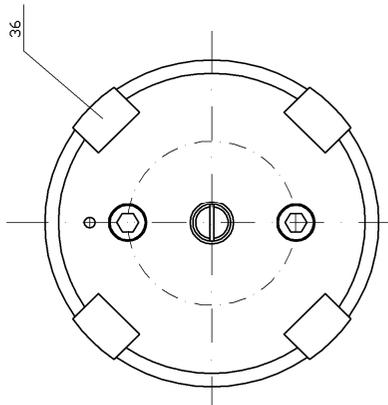
За контакти:

Галина Любомирова Върбанова, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Специалност “КПМУ”, e-mail: galq@uni-ruse.bg.

Проф. д-р Михаил Кършаков, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра ТММРМ тел.: 082-888 309, e-mail: mkarshakovv@uni-ruse.bg.



по А



Фиг.7.3. Инструмент за комбинирано обработване отворите на хидравлични цилиндри с диаметри от 60 до 160mm

Възможности за реализиране на ресурсоспестяващи технологии в заваряването

автор: Светлана Живкова Джурова

научен ръководител: гл. ас. инж. Николай Василев Фердинандов

Abstract: *Using of welding technology ensures the realization of a great variety of manufactured end products. To reduce the cost price they have to seek approaches to design and use of resource saving Technology. One possibility is the choice of rational preparation of welded parts. This would lead to savings in material, resources and time, reduce welding deformation and more.*

Key words: *Welding technology, Resource technologies.*

ВЪВЕДЕНИЕ

На всеки един етап от производството на дадена заварена конструкция са налице неизползвани резерви, които позволяват значително да се повиши ефективността при производството.

Рационалността на заварената конструкция зависи не само от това доколко тя отговаря на експлоатационните изисквания (якост, корозо и топлоустойчивост и т.н.), но и от нейната технологичност.

При проектирането на заварено изделие, конструкторът е необходимо да има в предвид, както условията на експлоатация, така и технологичния процес за производството на съответния продукт, което включва: оптимален избор на основен материал; избор на рационални видове заварени съединения и размери на заваръчните шевове; избор на подходящ метод за заваряване и степен на механизация; избор на рационални методи за разкрой на изходния прокат; избор на перспективно енергоспестяващо оборудване и други [3].

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО:

Целта на работата е свързана с:

- изследване възможностите за намаляване разхода на материали и време при заваряване.

За реализирането на целта бе необходимо да се решат следните задачи:

- да се изследва влиянието на подготовката на частите за заваряване върху количеството на внесенния добавъчен материал.
- да се изследва влиянието на подготовката на частите върху големината на заваръчните деформации.
- да се изследва влиянието на подготовката на частите върху необходимото време за заваряване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За решаване на по-горе поставените задачи бяха изработени пробни тела от нисковъглеродна нелегирана стомана, марка S235 според БДС EN 10025 – 2, като химичният и състав и механични показатели дадени в таблици 1 и 2 по-долу. Размерите им са съответно 5x140x150mm и 14x140x150mm, като първите са заварени двустранно без скосяване „II” и с едностранно „V” – образно скосяване, а вторите са с „V”, „U” и „X” - образно скосяване, едностранно и съответно двустранно (фиг.1). Използвания метод е Ръчно електродъгово заваряване.

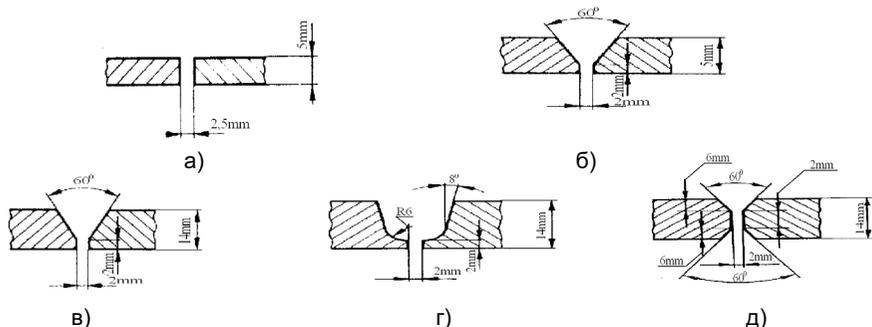
Избраната подготовка на частите е направена въз основа на химичния състав, дебелината и положението им една спрямо друга и е съобразена с [1].

Табл.1 Химичен състав на стомана S235

Материал	C	Mn	P	S	Cu	Ni
S235	0.17	1.4	0.03	0.03	0.55	0.012

Табл.2 Механични показатели на стомана S235

Материал	Rm, N/mm ²	Rp, N/mm ²
S235	390	215

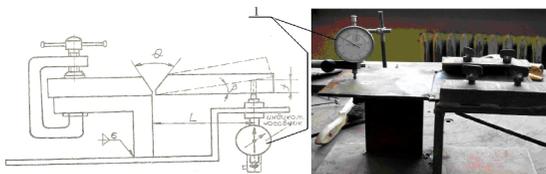


Фиг.1 Подготовка на частите за заваряване при дебелина 5mm (а, б) и 14mm (в, г, д)

Като добавъчни материали са използвани базични електроди марка “NORD” с диаметър Ø2,5mm и Ø3,25mm, като големините на тока са съответно 80A и 100A при единия и другия типоразмер електроди. Заваръчния токоизточник е от инверторен тип - BOOSTERPRO 170 [4], като планките са заварени в долно подово (PA) положение.

Тъй като подготовката на частите освен върху количеството на внесения добавъчен материал, влияе и върху големината на заваръчните деформации за да се изследват те е използвано приспособлението показано на фигура 2.

Преди започване на работа частите се поставят върху трасажна маса и се прихващат, като се осигурява необходимата заваръчна междина с помощта на специализирани шаблони.



Фиг.2 Схема и външен вид на приспособлението за определяне на ъгловите деформации

Прихванатите детайли се установяват върху приспособлението за определяне на ъгловите деформации и се изпълняват поредица от шевове, като броят им зависи

от дебелината и подготовката на частите. За планки с дебелина 5mm, двустранно заварени без скосяване бяха необходими 2 шева изпълнени с електроди с диаметър Ø 2,5mm; за части с дебелина 5mm и „V” - образно скосяване бяха необходими 2 шева, като корена е изпълнен с електроди с диаметър Ø 2,5mm, а втория проход с електроди с диаметър Ø 3,25mm; за части с дебелина 14mm и „V” - образно скосяване бяха необходими 9 шева, като корена е изпълнен с електроди с диаметър Ø 2,5mm, а останалите проходи с електроди с диаметър Ø 3,25mm; за части с дебелина 14mm и „U” - образно скосяване бяха необходими 10 шева, като корена е изпълнен с електроди с диаметър Ø 2,5mm, а останалите девет прохода с електроди с диаметър Ø 3,25mm; за части с дебелина 14mm и „X” - образно скосяване бяха необходими 4 шева, като първият и вторият са изпълнени с електроди с диаметър Ø 2,5mm, а останалите два прохода с електроди с диаметър Ø 3,25mm.

По време на работа е отчитано разстоянието, на което деформира незакрепената планка с помощта на индикаторен часовник с точност 0,01mm. По този начин могат да се определят деформациите, както след всеки шев, така и в края на заваряването. Резултатите са показани в таблица 3 и на фигура 3, като стойностите им са получени чрез изчисления по формулата:

$$\beta \approx tg\beta = \frac{f}{L} \quad [1]$$

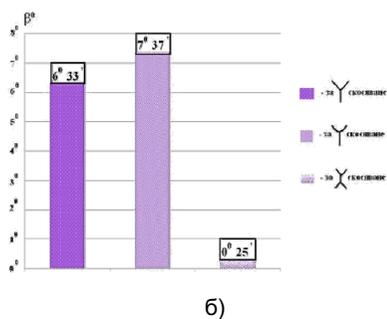
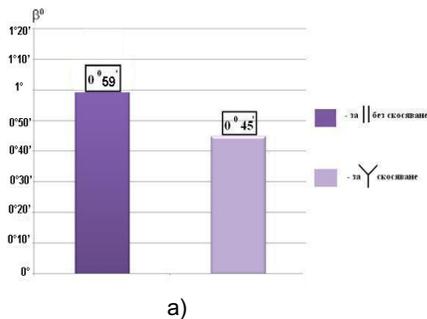
Където: β – ъглова деформация, °

f – преместване регистрирано с отчитащия уред, mm;

L – разстояние от допирната точка на накрайника на уреда до оста на шева, mm.

Табл.3 Стойности на получените ъгли деформации

	Без скосяване $\delta = 5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta = 5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta = 14\text{mm}$	„U” - образно скосяване $\delta = 14\text{mm}$	„X” - образно скосяване $\delta = 14\text{mm}$
Общо преместване, mm	1,14	0,85	11,96	13,95	0,47
Ъглова деформация β , °	0°59'	0°45'	6° 33'	7°37'	0°25'



Фиг.3 Ъгли деформации получени след заваряване на части с дебелина 5mm (а) и 14mm (б)

След изпълнение на шевове са измерени геометричните им размери - широчината „e” и изпъкналостта „g”. Резултатите се представени в таблица 4.

Чрез разкрояване на пробните тела са подготвени макрошлифове с помощта, на които е измерено напречното сечение на шева с цел изследване влиянието на подготовката на частите върху количеството наварен (внесен) метал.

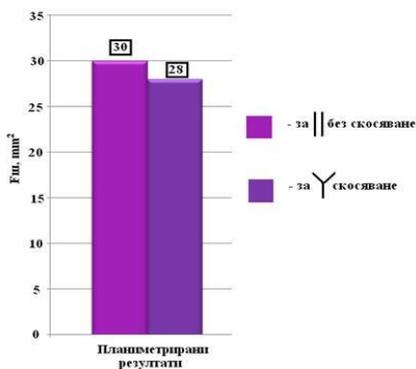
Резултатите са представени в таблица 5 и на фигура 4.

Табл.4 Геометрични размери на получените заваръчни шевове

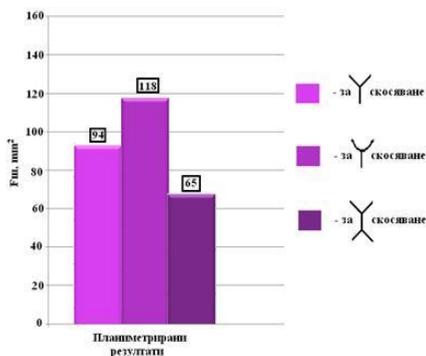
	Без скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„U” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„X” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$
Широчина e, mm	6,5	6,5	13,7	12,0	8,6
	6,5				9,4
Изпъкналост g, mm	2,0	1,6	2,1	2,0	0,75
	0,6				0,70

Табл.5 Напречно сечение на заваръчните шевове

	Без скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„U” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„X” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$
$F_{ш}, \text{mm}^2$	30	28	94	118	65



а)



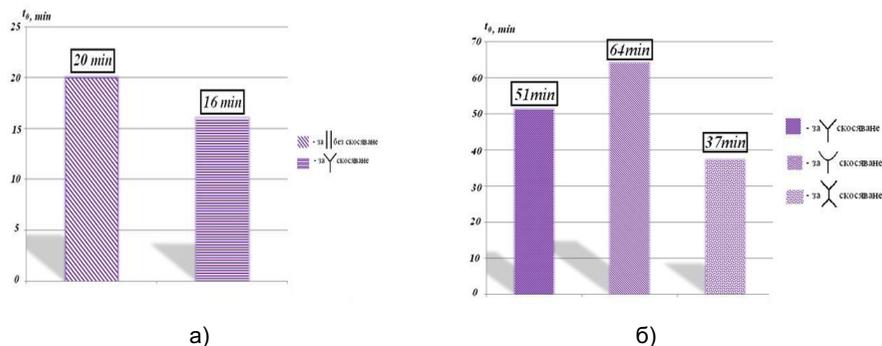
б)

Фиг.4 Влияние на подготовката върху количеството наварен метал при дебелина на частите 5mm (а) и 14mm (б)

За да се изследва влиянието на подготовката на частите върху необходимото време за заваряване е направено нормиране на заваръчните работи според методиката представена в [2]. Тук е изчислено основното време за заваряване „ t_0 ” и необходимия брой електроди за дължина на шевове 1m. Резултатите са представени в таблица 6 и на фигура 5.

Табл.6 Нормиране на заваръчните работи за 1 m дължина на шевове

	Без скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=5\text{mm}$	„V” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„U” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$	„X” - образно скосяване $\delta=14\text{mm}$
t_0, min	≈ 20	≈ 16	≈ 51	≈ 64	≈ 37
Електроди					
$\varnothing 2,5\text{mm}$, бр	29	10	10	10	10
$\varnothing 3,2\text{mm}$, бр	-	8	40	54	20



Фиг.5 Влияние на подготовката върху основното време за заваряване при дебелина на частите 5mm (а) и 14mm (б)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от проведените експерименти позволяват да се направят следните по-важни изводи:

1. Чрез рационална подготовка на заваръчните части могат да се намалят не само разхода на добавъчни материали и време, а и възникващите при заваряване деформации.
2. Начина на подготовка оказва по-съществено влияние при части с по-голяма дебелина (14mm), докато при такива с по-малка (5mm) разликите в количеството внесен материал, основното време за заваряване и възникналите деформации са по-малки.
3. При възможност и гарантиран достъп е препоръчително използването на „X” – образна подготовка на частите тъй като тя ще гарантира икономия на

внесен материал и време за заваряване до около 30% по-малко в сравнение с „V” - образната подготовка и до около 45% по-малко в сравнение с „U” - образната, както и значително намаляване на заваръчните деформации.

ЛИТЕРАТУРА

1. БДС EN ISO 9692-1:2006 - Заваряване и сродни процеси. Препоръки за подготовка на съединението. Част 1: Ръчно електродъгово заваряване, електродъгово заваряване в защитна газова среда, газово заваряване, ВИГ заваряване и лъчево заваряване на стомани.
2. Николов Д. Ръководство по заваряване на металите. Русе. 1984. 166с.
3. Павлюк С. К., В. Г. Лупачев, В. П. Березиенко, А. П. Ротач, В. В. Десятник, И. Н. Шибанов. Ресурсосберегающие технологии в сварочном производстве. Минск. Высэйшая школа. 1989. 439с.
4. www.rehm.co.uk

За контакти:

Светлана Живкова Джурова, магистър инженер специалност “Индустириално инженерство”, МТФ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail: svetlana_djurova@abv.bg

Гл. ас. инж. Николай Фердинандов, Катедра “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 206, e-mail: nferdinandov@uni-ruse.bg

Структура и корозионно поведение на многослойни покрития

Стоян Цветков

научни ръководители: доц. д-р Диана Цанева

гл. ас. д-р Мариана Илиева

Microstructure and electrochemical behavior of steel C45 with multilayered coatings has been examined. A correlation between coatings' thickness and their corrosion protection capabilities has been found.

Key words: corrosion protection, multilayered coatings.

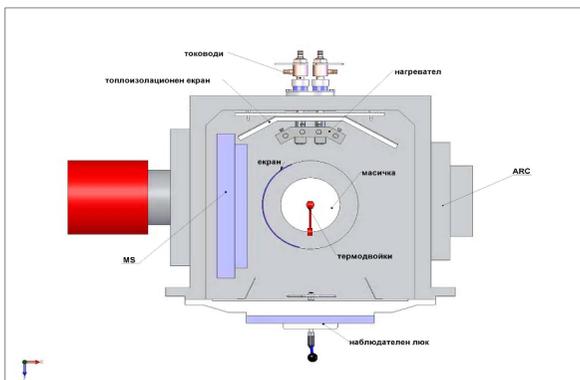
ВЪВЕДЕНИЕ

Намалването на загубите на метали и сплави в резултат на корозия се постига най-ефикасно посредством защитни покрития. Тези покрития повишават и механичните свойства на повърхностите (твърдост, износоустойчивост), а в редица случаи придават и желан външен вид на покритите изделия [2]. Едни от най-разпространените методи за отлагане на покрития са тези във вакуум – магнетронно разпръскване и електродъгово изпаряване. С помощта на тези методи може да се получат както еднослойни, така и многослойни покрития. За последните са характерни по-добри защитни свойства, както и повишени механични характеристики [1].

Цел на настоящата работа е се установи връзката между структурата и защитните свойства на покрития TiN/CrN/TiN/Ti и CrN/TiN/CrN/Cr, отложени върху стомана 45 чрез електродъгово изпаряване и магнетронно отлагане.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА И ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Покритията са отложени във вакуумна инсталация за метализация с комбинирано използване на методите за магнетронно разпръскване и електродъгово изпаряване (ВИМ-МР/ЕДИ) [3]. За отлагане на слоевете Ti и TiN е използван електродъгов изпарител с титанов катод, а за слоевете Cr и CrN – магнетронната разпръскваща система с хромова мишена. На фигура 1 е показана принципна схема на използваното съоръжение.



Фигура 1

Реакционният газ за получаване на нитридните слоеве е азот. Чистите метални междинни слоеве Ti и Cr са получени при работа на източниците на пари в неутрална аргонова среда. Работното налягане е 3×10^{-3} mbar. Получаването на

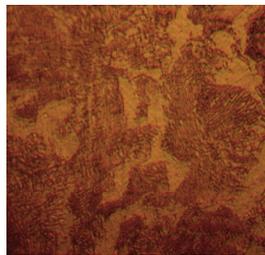
слоеве от хромовата мишена е с продължителност от 120 min за всеки слой, а от титановия катод – 60 min за слой. Подложките от стомана 45 са разположени върху въртяща се масичка, с чиято помощ покриваните повърхности се позиционират спрямо съответния източник на пари. Въртящ се защитен екран възпрепятства паровия поток от противоположния източник на пари (фигура 1).

Микроструктурата на покритиите образци е наблюдавана върху напречни шлифове, проявени с 3% разтвор на HNO_3 в етилов алкохол (нитал). Използван е металографски микроскоп Epityr – 2 с имерсионен обектив в среда от кедрово масло, което осигурява увеличение 1000 пъти. Електрохимичното поведение на покритиите образци е изучено в 3% воден разтвор на NaCl . Извършени са два теста: 1) проследяване изменението на свободния потенциал в продължение на 120 min до достигане на стационарна стойност и 2) снемане на потенциодинамични криви (ПДК) при външна поляризация от -600 mV до +1200 mV, като скоростта на разгъване на потенциала е 1 mV/s. За снемане на ПДК е използвана стандартна триелектродна клетка.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

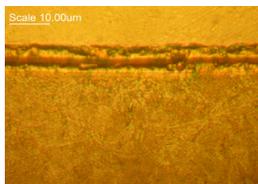


Фигура 2



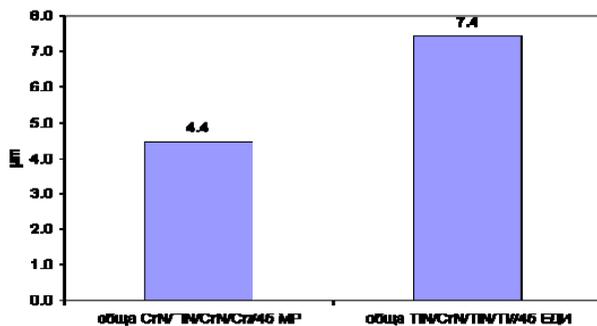
Фигура 3

Фигура 2 показва напречен микрошлиф на образец с покритие TiN/CrN/TiN/Ti , след проявяване с 3% HNO_3 при увеличение $\times 100$, а фигура 3 – същия образец, но в обема на подложката и при увеличение $\times 1000$. Както се вижда от двете фигури, при приближаване към покритието равновесната структура на стомана 45 (ферит и перлит – фигура 3) постепенно преминава в 100% перлитна структура (фигура 2, към покритието), което говори за възходяща дифузия на въглерод от сърцевината на подложката към междинния титанов слой. Тази промяна се дължи на факта, че титанът е по-силен карбидообразувател от желязото, и като такъв, привлича въглеродните атоми, като образува TiC в междинния слой. Подобна промяна е наблюдавана и в структурата на образца с покритие CrN/TiN/CrN/Cr .



Фигура 4

На фигура 4 се вижда напречен микрошлиф на същия образец, но при увеличение $\times 1000$. От микрошлифовете са определени и дебелините на покритието (фигура 5).

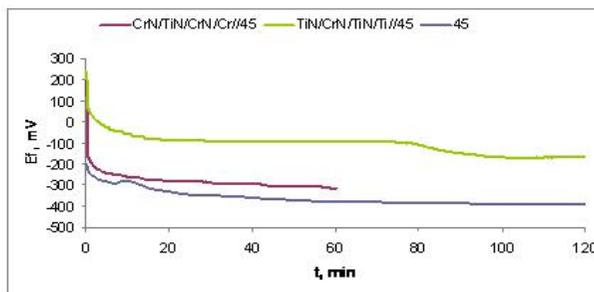


Фигура 5

Измерените дебелини са съответно 7,4 μm за покритието TiN/CrN/TiN/Ti и 4,4 μm за покритието CrN/TiN/CrN/Cr. Това потвърждава, че електродъговото изпаряване осигурява по-висока скорост на израстване на слоевете от магнетронното разпръскване.

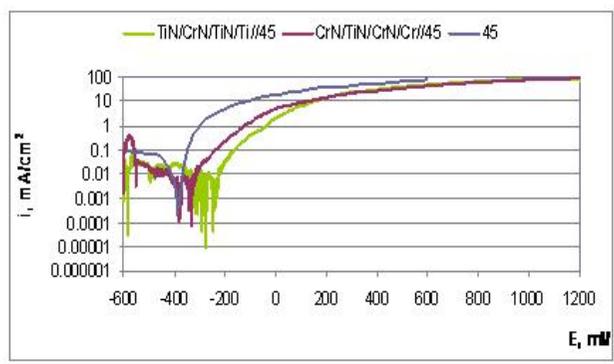
На фигура 6 е показано изменението на свободните потенциали на непокрита стомана 45 и на образци с покрития. Както за образца от непокрита стомана, така и за пробите с покрития се наблюдава бързо отнемстване на свободния потенциал в отрицателна посока, което говори за активно корозионно поведение. При покритието TiN/CrN/TiN/Ti стационарният потенциал е силно изместен в положителна посока - с 230 mV, докато покритието CrN/TiN/CrN/Cr отменя стационарният потенциал на стомана 45 в 3% воден разтвор на NaCl само с 80 mV.

ПДК на изследваните образци са показани на фигура 7, от където се вижда, че и трите проби показват поведение, типично за разтварящи се сплави, не склонни към пасивиране в конкретната среда. Най-големи стойности на анодния ток се регистрират за непокрития образец. Покритията понижават стойността на корозионния ток с около един порядък, а в областта на стационарния потенциал – дори до два. Това намаление е по-силно изразено при покритието TiN/CrN/TiN/Ti.



Фигура 6

Двата електрохимични теста показват, че решаваща за защитните свойства се оказва дебелината на покритията.



Фигура 7

ИЗВОДИ

1. Покритията са с ясно изразена многослойна структура.
2. Между металния подслоя на покритията и подложката от стомана 45 се извършва дифузионно взаимодействие, което има за резултат промяна в структурата на стоманата под покритието – увеличаване на перлита за сметка на ферита, а вероятно, и в състава и структурата на металния подслой.
3. Наличието на покритие премества стационарния потенциал и потенциала на корозия на стоманата в 3% NaCl в положителна посока, като ефектът е по-силно изразен за покритието с външен слой от TiN.
4. Покритията понижават плътността на корозионния ток в областта на стационарния потенциал с 1-2 порядъка.
5. По-добрите защитни свойства на покритието с външен слой от TiN се дължат на неговата по-голяма дебелина.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Dobrzanski L. A., Lukaszkwicz et al., Corrosion resistance of multilayer coatings deposited by PVD techniques onto brass substrates, Journal of Materials Processing Technology, 2005.
- [2] Кънев М., Ц. Узунов, П.Ховсепян, Технологии за нанасяне на покрития, Русе, 1986, 211 с.
- [3] Разработване на многослойни наноструктурирани, защитно-декоративни покрития TiN/CrN.... чрез комбиниране на магнетронен и електродъгов източници на пари, ПРОЕКТ 2006 – МТФ – 02 с ръководител проф. д-н Р. Шишков.

За контакти:

Гл. ас. д-р Мариана Илиева, Катедра “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 307, e-mail: mdilieva@uni-ruse.bg

Микроструктурно изследване на многослойни покрития Cr-N/Cr-C/Cr

Мартина Рекинова
научен ръководител: гл. ас. д-р Мариана Илиева

Microstructure, hardness and thickness of multilayered coatings Cr-N/Cr-C/Cr, deposited on 9XC steel has been examined. A correlation between coatings' thickness, hardness and deposition parameters has been found.

Key words: magnetron sputtering, multilayered coatings.

ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на покрития е ефикасен метод за повишаване на твърдостта и износоустойчивостта на инструменти, а също и за защитата им от агресивни среди [3]. Известно е, че съчетаването на няколко слоя в едно покритие води до повишение на механичните характеристики на покритията [1]. В същото време многослойната структура позволява в едно покритие да се комбинират фази с различни свойства, при което е възможно освен механичните, да се повишат и защитните свойства на покритието. Най-често за подобряване на адхезията (сцеплението) на покритието към подложката се нанася междинен метален слой [2]. Ролята на този слой е да компенсира напреженията на границата „покритие – подложка“. По този начин, освен по-висока адхезия към подложката, покритието е с повишена износоустойчивост. В настоящата работа е изследвана микроструктурата на многослойни Cr-N/Cr-C/Cr покрития, отложени върху стомана 9XC.

МЕТОДИКА НА ЕКСПЕРИМЕНТА И ИЗСЛЕДВАНИЯТА

Изследваните покрития са отложени чрез магнетронно разпръскване на синтерована хромова мишена във вакуумна инсталация ВЕП 1. За отлагане на междинните хромови слоеве е използван неутралният газ Ar, а за получаване на нитридните и карбидните слоеве – съответно N_2 и CH_4 . Многослойната структура е изградена посредством редуване на реакционните газове в камерата. Хромовите слоеве са отлагани в продължение на 10 min, а карбидните и нитридните – 45 min. Наляганята по време на отлагане на покритията са от 4×10^{-3} mbar до 8×10^{-3} mbar. Отложени са покрития при две работни температури - $450^\circ C$ и $650^\circ C$. Разстоянията между мишената и подложката са $L_{t-s} = 70$ mm (горно ниво) и $L_{t-s} = 95$ mm (долно ниво) – таблица 1.

Таблица 1

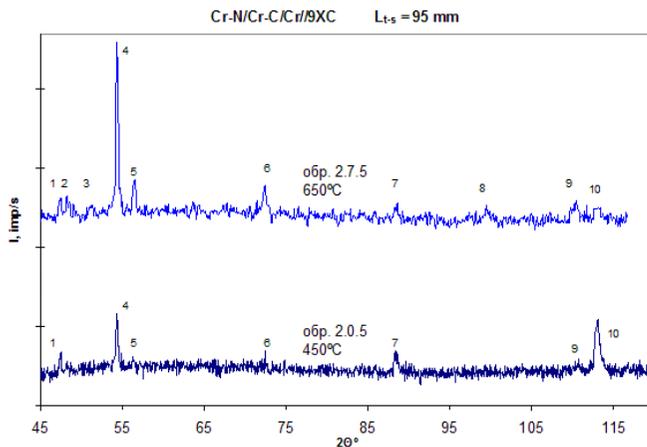
Образец	$T_{отл.}, ^\circ C$	L_{t-s}, mm
2.0.1 и 2.0.4	450	75
2.7.1 и 2.7.2	650	75
2.0.5 и 2.0.7	450	90
2.7.5 и 2.7.7	650	90

Подложките са изработени от стомана 9ХС в състояние на доставка.

Фазовият състав на покритията е определен с помощта на рентгеноструктурен анализ, извършен с рентгенов дифрактометър URD-6 с Fe – катод с дължина на $\lambda = 1,93\text{\AA}$. Извършен е микроструктурен анализ на напречен микрошлиф, проявен с 3% разтвор на HNO_3 в етилов алкохол и с реактив на Мураками с удвоено количество на червената кръвна сол: {10g NaOH; 20g $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$; 100ml H_2O }. Върху напречните микрошлифове са измерени и микротвърдостите на покритията с микротвърдомер ПМТ 3 при натоварване 20 g.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЯ

Фигура 1 показва рентгенограми на образци с покрития, отложени при $Lt-s = 95$ mm.



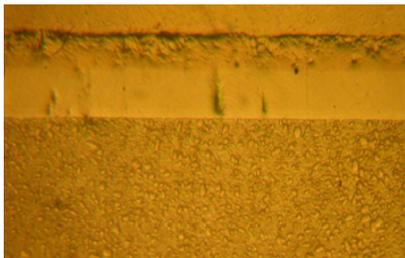
Фигура 1

Таблица 2

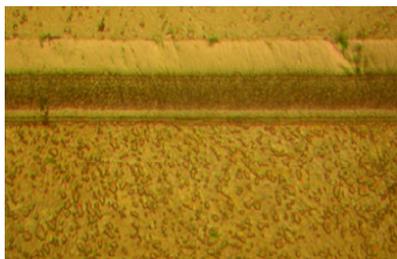
Данни от XRD на образци с Cr-N/Cr-C/Cr покрития върху стомана 9ХС $Lt-s = 95$ mm									
№	Обр. 2.0.5 $T_d = 450^\circ\text{C}$		Обр. 2.7.5 $T_d = 650^\circ\text{C}$		Таблични данни				
	$2\theta_{\text{изм.}}$, °	$d_{\text{изм.}}$, Å	$2\theta_{\text{изм.}}$, °	$d_{\text{изм.}}$, Å	$2\theta_{\text{теор.}}$, °	$d_{\text{теор.}}$, Å	$I_{\text{теор.}}$, %	hkl	Фаза
1	47.50	2.4035	47.50	2.4036	47.58	2.4000	36	110	Cr_2N
2			48.30	2.3611	48.09	2.3835	20	420	Cr_{23}C_6
3			51.70	2.2202	51.704	2.2200	333	002	$\text{Cr}_2\text{N}_{0.39}\text{C}_{0.61}$
4	54.35	2.1196	54.40	2.1178	55.08	2.0937	100	111	Cr_2N
5	56.40	2.0485	56.50	2.0452	56.66	2.0399	100	110	Cr
6	72.40	1.6390	72.50	1.6370	72.35	1.6400	71	122	$\text{Cr}_2\text{N}_{0.39}\text{C}_{0.61}$
					72.45	1.6380	71	112	Cr_2N
7	88.60	1.3860	88.60	1.3860	88.34	1.3892	23	300	Cr_2N
8			99.50	1.2683	99.360	1.2696	22	113	Cr_2N
					99.963	1.2640	93	123	$\text{Cr}_2\text{N}_{0.39}\text{C}_{0.61}$
9	110.75	1.1764	110.50	1.1782	110.38	1.1790	98	302	Cr_2N
					110.55	1.1777	30	211	Cr
					110.8	1.1760	100	401	$\text{Cr}_2\text{N}_{0.39}\text{C}_{0.61}$
10	113.10	1.1602	113.40	1.1582	113.12	1.1600	80	211	Cr_2N

Откритите от рентгеноструктурния анализ фази са обобщени в таблица 2 заедно с тероретичните данни за тези фази. Както се вижда от фигура 1 и таблица 2, в изследваните покрития присъстват фазите Cr, Cr₂3C6, Cr₂N и Cr₂N_{0,36}C_{0,61}. Фигура 1 показва, че теоретично най-силната линия на нитрида Cr₂N по направление <111> (линия 4) променя интензитета си с повишение на температурата. При ниската температура (450°C) този пик е с нисък интензитет за сметка на отражението по направление <211> на същата фаза. При температура на отлагане 650°C съотношението между двата пика се променя така, че с по-голям интензитет е линията по <111>. Това говори за текстура на покритията по направление <211> при 450°C, която се променя в предпочитана кристалографска ориентация по <111> при 650°C.

На фигура 2 е показан напречен микрошлиф на образец с покритие, отложено при 450°C при $L_{t-s} = 70$ mm след проявяване с 3% HNO₃. Този реактив разкрива само микроструктурата на подложката (стомана 9XC) – зърнест перлит, и не разграничава ясно елементите от микроструктурата на покритието. За да се проявят отделните слоеве в покритията, пробите са проявени и с реактив на Мураками с удвоено количество на червената кръвна сол в продължение на 60 s (фигура 3). След проявяване с реактива



Фигура 2



Фигура 3

на Мураками, в междинният хромов слой се наблюдава разслоение, което говори за дифузионно взаимодействие между покритието и подложката. Карбидният слой е с тъмен цвят, а най-външният нитриден слой е светъл.

Фигури 4 и 5 показват измерените дебелини на покритията и на слоевете в тях. От получените данни се вижда, че с увеличаване на температурата на отлагане

дебелината на покритията намалява. Това се обяснява с ефекта на реразпрашване на попадналите върху израстващата повърхност адатоми. Този ефект е по-силно изразен за покритията, получени при по-високата температура, тъй като енергията на адатомите в този случай е по-висока, и затруднява стабилното им закрепване към израстващото покритие. Разстоянието между мишената и подложката също оказва влияние върху дебелината на покритията и на слоевете им. При по-малкото разстояние паровият поток е с по-голяма плътност, при което за единица време върху израстващата повърхност попадат по-голям брой атоми. Това определя и по-голямата дебелина на покритията от горно ниво ($L_{t-s} = 70$ mm).

Измерените микротвърдости на покритията върху напречен микрошлиф са обобщени на фигури 5 и 6. Забелязва се, че с повишение на температурата твърдостта на покритията нараства. Това се обяснява с увеличеното количество на въглерод в покритията, получени при 650°C, което води до намаляване на меката

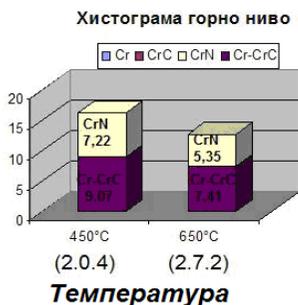
фаза Cr. По-тънките покрития ($L_{t-s} = 95 \text{ mm}$) са с по-голяма твърдост от покритията, отложени при $L_{t-s} = 70 \text{ mm}$, което се дължи на по-малкото количество на фазата Cr в тях (при по-голямото разстояние между мишената и подложката количеството хромови атоми в покритието е по-малко поради намалената плътност на потока атоми от мишената). Тези по-високи твърдости се обясняват и с по-високото ниво на напреженията в покритията от долно ниво, което се дължи на нарастване на обема на граничните области в покритията.

ИЗВОДИ

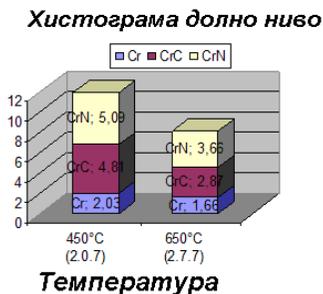
1. Рентгеноструктурният анализ показва, че в покритията присъстват фазите Cr₂N, Cr₂₃C₆, Cr₂N_{0,35}C_{0,61} и Cr.

2. При увеличаване на температурата на отлагане от 450 до 650°C нараства количеството на карбонитридната фаза.

3. При повишаване на температурата на отлагане от 450 до 650°C нараства интензитетът на линията по направление (111), а намалява на линията по направление (211), т.е. настъпва промяна в текстурата.

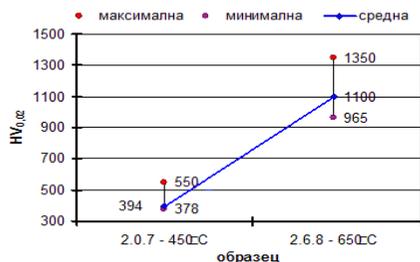


Фигура 4



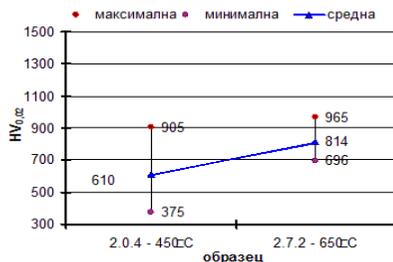
Фигура 5

Микротвърдости на покрития Cr-N/Cr-C/Cr върху 9ХС, отложени при $L_{t-s} = 95 \text{ mm}$



Фигура 6

Микротвърдости на покрития Cr-N/Cr-C/Cr върху 9ХС, отложени при $L_{t-s} = 70 \text{ mm}$



Фигура 7

4. При увеличаване на разстоянието „мишена-подложка“ от 70 до 95 mm дебелината на покритията Cr-N/Cr-C/Cr намалява с около 35%.

5. При повишаване на температурата на отлагане от 450 до 650°C дебелината на покритията намалява съответно: за разстояние „мишена-подложка“ 70 mm – от 16,4 на 12,8 μm (7,8%); за разстояние 95 mm – от 12 до 8,2 μm (6,8%).

6. Промяната на разстоянието „мишена-подложка“ оказва по-голямо влияние върху дебелината на покритието, отколкото промяната в температурата.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Abadias G et al., Stress, interfacial effects and mechanical properties of nanoscale multilayered coatings, Surf. and Coat. Techn., v. 202, Issues 4-7, ICMCTF 2007, 34th International Conference and Metallurgical Coatings and Thin Films (ICMCTF 2007), 15 December 2007, pp. 844-853.

[2] Kelly P.J., R.D. Arnell, Magnetron sputtering: a review of recent developments and applications, Vacuum, v. 56, Issue 3, March 2000, pp. 159-172

[3] Кънев М., Ц. Узунов, П.Ховсепян, Технологии за нанасяне на покрития, Русе, 1986, 211 с.

За контакти:

Гл. ас. д-р Мариана Илиева, Катедра “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 307, e-mail: mdilieva@uni-ruse.bg

**РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
“АНГЕЛ КЪНЧЕВ”**



**СТУДЕНТСКА НАУЧНА
СЕСИЯ
СНС'13**

П О К А Н А

**Русе, ул. "Студентска" 8
Русенски университет
"Ангел Кънчев"**

Факултет „Машинно-технологичен“

**СБОРНИК ДОКЛАДИ
на
СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’12**

Под общата редакция на:
доц. д-р Стоян Стоянов

Отговорен редактор:
проф. д-р Ангел Смрикаров

Народност българска
Първо издание

Формат: А5
Коли: 4,125
Тираж: 20 бр.

ISSN 1311-3321

ИЗДАТЕЛСКИ ЦЕНТЪР
на Русенски университет “Ангел Кънчев”