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’13

СБОРНИК ДОКЛАДОВ
СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’13

PROCEEDINGS
of
the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’13

Русе
Ruse
2013

Сборникът включва докладите, изнесени на студентската научна сесия **СНС'13**, 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
    Теодор Георгиев – ПРЕДСЕДАТЕЛ на Студентския съвет

  - **Научни секретари:**
    проф. д-р Ангел Смрикаров –
    Заместник-ректор на Русенския университет
    ASmrikarov@ecs.uni-ruse.bg; 082-888 249
    Диляна Пеева –
    Член на Студентския съвет
    semeremida@dir.bg; 082-888 390

  - **Членове:**
    Факултет „Аграрно индустриален"
    доц. д-р Калоян Стоянов
    kes@uni-ruse.bg; 082-888 542
    Владимир Вилсонов; vvilsonov@gmail.com

    Факултет „Машинно-технологичен"
    доц. д-р Стоян Стоянов
    sgstoyanov@uni-ruse.bg; 082-888 572
    Виктория Карачорова; Vickie_best@abv.bg

    Факултет „Електротехника, електроника и автоматика"
    доц. д-р Теодор Илиев
    tiliev@ecs.uni-ruse.bg; 082-888 839
    Божидар Петров; bpetrov@uni-ruse.bg

    Факултет „Транспортен"
    доц. д-р Валентин Иванов
    vdivanov@uni-ruse.bg; 082-888 373
    Бобан Николовски; blew_del@yahoo.com

Факултет "Бизнес и мениджмънт"
проф. д-р Диана Антонова
dantonova@uni-ruse.bg; 082 888 726
докт. Свилена Маринова; tzonevasv@mail.bg

Факултет „Юридически"
ас. Веселин Гръцманов
jewelvesso@yahoo.com; 0890 235 946
Боян Войков; bvoykov@abv.bg

Факултет „Природни науки и образование"
доц. д-р Емилия Великова
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
Емануил Панайотов; emo7700@abv.bg

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

Филиал Силистра
доц. д-р Тодорка Георгиева
knidor@abv.bg; 086 821 521
Илияна Михайлова; mihaylova_3009@abv.bg

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

1. **Изследване на технологичните характеристики на обмазани електроди от номенклатурата на „ЕСАБ Електоди"АД, България** 7
   Ина Христова
   Научен ръководител: Николай Фердинандов, Петър Петров
2. **Структура и някои свойства на вакуумно оксикарбонитрирани инструментални стомани (9ХС и Х12)** 12
   Марина Лазарова
   Научен ръководител: д-р Мария Николова
3. **Състав, структура и твърдост на вакуумно оксикарбонитрирана стомана 40ХМ.** 20
   Екатерина Петрова
   Научен ръководител: д-р Мария Николова
4. **Проблеми при термичното обработване на стомани с предварително нанесени вакуумни кондензати** 27
   Петя Тодорова
   Научен ръководител: д-р Ваня Захариева
5. **Разработване на 6-крака манипулационна система тип Лего** 32
   Калоян Иванов
   Научен ръководител: Чавдар Костадинов
6. **Разработване на мобилен робот с LEGO** 37
   Асен Младенов
   Научен ръководител: Чавдар Костадинов
7. **Разработване на мобилен робот тип LEGO** 43
   Любомир Яковлев
   Научен ръководител: Чавдар Костадинов
8. **Разработване на три координатна фрезова машина тип LEGO** 48
   Ивайло Георгиев
   Научен ръководител: Чавдар Костадинов
9. **Разработване на мобилен робот тип LEGO** 54
   Валентин Михов
   Научен ръководител: Чавдар Костадинов
10. **Якостно-деформационно изследване на ролков стенд за измерване на спирачна ефективност** 60
    Ивайло Борисов
    Научен ръководител: д-р Юлиян Ангелов
11. **Обобщен модел за изследване на механични трептения** 65
    Гергана Везирска
    Научен ръководител: д-р Светлин Стоянов
12. **Числено симулиране на силовото натоварване на трактора при оран с навесен плуг** 71
    Йордан Пенев
    Научен ръководител: доц. Стоян Стоянов

13. **Разработване на технология и приспособление за сглобяване на грайфер SL500G на фирма ATLAS.** 77
Даниела Цонева
Научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. Александър Иванов

14. **Разработване на технология и приспособления за сглобяване на хващач SL331H на фирма ATLAS.** 88
Теодор Мичев, Даниела Цонева
Научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. Александър Иванов

15. **Разработване на машина за цепене на дърва с винт** 94
Велислав Войков, Гьокхан Наджи,
Научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. Александър Иванов
Иво Димитров

16. **Обработване на дълбоки отвори с комбинирани инструменти** 99
Мартин Стефанов, Павел Петров
Научен ръководител: проф. д-р Михаил Кършаков

17. **Инструменти за повърхностно пластично деформиране с радиално подаване** 105
Исмаил Исмаилов, Павел Петров
Научен ръководител: проф.д-р Михаил Кършаков

18. **Изследване точността на статично настройване на струг с ЦПУ при обработване на стъпален вал и получаване на линеен размер, зададен от дясно чело** 110
Виктория Карачорова, Цветан Иванов
Научен ръководител: Димитър Димитров

Изследване на технологичните характеристики на обмазани електроди от номенклатурата на „ЕСАБ Електоди" АД, България

автор: Ина Христова
научни ръководители: Николай Фердинандов, Петър Петров

Abstract: *The report analyzed and presented some of the main technological characteristics of eliktrodi for Manual arc welding nomenclature of ESAB Welding Ltd., Bulgaria. A comparison between existing and new brands of electrodes of identical type manufactured in the company.*
Key words: *Coated electrodes for SMAW, Technological characteristics of welding materials.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ръчното електродъгово заваряване е един от най-широко разпространените методи за получаване на монолитни неразглобяеми съединения. Причините са свързани с възможността за заваряване на почти всички метални материали, от които се изработват заварени конструкции при това във всички пространствени положения, както и сравнително евтиното заваръчно оборудване.

Като източник на допълнителен метал необходим за получаване на заваръчните шевове се използват така наречените покрити електроди. Те се състоят от метални пръчки, върху които чрез пресоване са нанесени специални обмазки [1]. В техният състав влизат различни метални и неметални окиси, карбонати, метални соли, органични вещества и др., влияещи върху заваръчните свойства и възможни области на приложение.

В зависимост от основния компонент в обмазките същите се разделят на три основни групи: рутилови, базични и целулозни. Независимо от това обаче всички те трябва да гарантират стабилно възбуждане и горене на дъгата, качествена защита на шева и околошевната зона, както и осигуряването на всички физико-химични процеси гарантиращи получаването на заваръчен шев без дефекти и с необходимите характеристики и свойства.

В България обмазани електроди доскоро се произвеждаха във фирма „ЕСАБ Електроди" АД, гр. Ихтиман [4], като продуктовата гама включваше, както съществуващите до сега, така и нови марки характерни за компанията ESAB.

Технологичните характеристики на заваръчните материали и в частност на електродите за РЕДЗ отчитат техните свойства проявяващи се по време на работа – стабилно горене на дъгата, скорост на стопяване, пръскоотделяне, възможност за работа в различни пространствени положения, производителност и др [2]. Тези свойства са свързани основно с типа на обмазката и режимите на работа и се представят чрез рандемана на електрода с обмазката (R_N, R_E), рандемана на металната пръчка на електрода (R_D, R_G) и коефициентът на наваряване (D). За съжаление обаче, тези така важни и интересни данни не се предоставят от фирмите производителки и не присъстват, като реквизит върху кутиите с електроди.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО:

Целта на работата е свързана с изследване и сравнение на технологичните характеристики на определени марки електроди за РЕДЗ от номенклатурата на фирма „ЕСАБ Електроди" АД.

За реализирането й бе необходимо да се решат следните задачи:

- избор на съответните марки обмазани електроди, които да бъдат изследвани;
- избор на режими на работа при провеждане на изследванията;
- сравнение между получените резултати за съществуващите и новите марки електроди.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Проведените изследвания са изцяло съобразени с препоръките на Европейски стандарт EN 22401 [3], в който е регламентирано определянето на тези характеристики.

За изработване на заварени съединения и конструкции в практиката най-често се използват нисковъглеродните нелегирани стомани, тъй като същите не създават съществени проблеми при заваряването им. При работа с такива стомани могат и обикновено се използват електроди с рутилови и базични обмазки, като: Вежен и идентичните му ОК 46.00 и ОК 43.33 (рутилови) и Норд и идентичният му ОК 48.00 (базични). Поради това, че те са най-разпространените и използвани на българския пазар бе решено именно те да бъдат обект на бъдещите изследвания. Тези марки електроди се произвеждат с диаметри в диапазона 2...6mm, като за нуждите на работата бяха използвани такива с Ø=2,5mm.

Използваните пробни тела са от стомана S235 с размери 300x75x12mm. Върху всяко такова са наварявани по 5 от избраните марки и диаметър електроди. Масата на планките е измервана преди и след наваряването с точност ±1g. След всеки пробег със съответния електрод са отстранявани шлаката и прилепналите пръски, а пробното тяло е охлаждано във вода и изсушавано преди следващото наваряване.

Преди започване на експериментите на пет електрода от изследваните марка и диаметър е отстранявана обмазката и са измервани масата на металните им пръчки и тяхната дължина с точност ±1mm. След това е измервана и масата на други пет електрода с обмазката, с които ще се провеждат експериментите.

Наваряването продължава докато електрода остане с дължина около 50mm, а общата дължина на остатъците - в рамките на 240...260mm. Времето за наваряване е отчитано с точност ±1s. След приключване на работа отново е измервана масата и дължината на остатъците от електродите с описаната точност.

Използваният заваръчен токоизточник е от инверторен тип – TIGER 210 AC/DC, даващ възможност за използване, както на променлив, така и на постоянен ток.

Проведените изследвания са с цел установяване на влиянието на големината и вида на тока върху технологичните характеристики на избраните марки електроди, като във втория случай големината на тока е 90% от максималната препоръчана от фирмата -производител според изискванията на EN 22401/1994.

За получаване на описаните технологични характеристики са използвани следните изчислителни формули:

$$mce = mw - mws, g \text{ [1]} \qquad md = m_1 - m_0, g \text{ [2]} \qquad R_N = \frac{md}{mcn}.100,\% \text{ [3]}$$

$$R_E = \frac{md}{mce}.100,\% \text{ [4]} \qquad R_G = \frac{md}{me}.100,\% \text{ [5]} \qquad R_D = \frac{md}{me - ms}.100,\% \text{ [6]}$$

$$D = \frac{md}{\mathrm{Im}.t}, g / A.\min \text{ [7]}$$

където,

m_e – Обща маса на изпитваните електроди с обмазката, g

m_w – Обща маса на металните сърцевини на изпитваните електроди, g

L_s - Обща дължина на остатъците на изпитваните електроди, mm

L_w - Обща дължина на металните сърцевини на изпитваните електроди, mm

m_s – Обща маса на остатъците от изпитваните електроди с обмазката, g

m_{ws} – Обща маса на остатъците от изпитваните електроди без обмазката, g

m_0 - Маса на планката преди наваряване, g

m_1 - Маса на планката след наваряване, g

m_d -Маса на наварения метал, g

t - Време на горене на дъгата, min

d - Диаметър на металната сърцевина, mm
m_{ce} - Обща маса на изразходваната метална сърцевина, g
R_N – Рандеман на електрода със остатъка (метална пръчка + обмазка), %
R_E - Рандеман на електрода (метална пръчка + обмазка) без остатъка, %
R_G - Рандеман на металната пръчка на електрода без остатъка, %
R_D - Рандеман на металната пръчка на електрода с остатъка, %

Използваните режими на работа, както и получените резултати от експериментите са представени в таблицата и на фигурите по-долу.

Табл. 1 Технологични характеристики на изследваните електроди

Марка на електрода	Диаметър на електрода, mm	Големина на тока Im, A	Полярност на свързване	Рандеман на електрода със остатъка R_N, %	Рандеман на електрода без остатъка R_E, %	Рандеман на металната пръчка на електрода без остатъка R_G,%	Рандеман на металната пръчка на електрода с остатъка R_D,%	Коефициент на наваряване D, g/A.min	Коефициент на наваряване D, g/A.h
ОК 46.00	Ø 2,5	81	DC -	80	92.86	60.5	69	0.17	10.2
ОК 43.33	Ø 2,5	81	DC -	80	92.86	50.0	57	0.15	9.0
Вежен	Ø 2,5	81	DC -	78	90.91	49.5	57	0.14	8.4
ОК 46.00	Ø 2,5	81	AC	83	94.74	62.8	71	0.16	9.6
ОК 43.33	Ø 2,5	81	AC	82	94.64	51.0	59	0.13	7.8
Вежен	Ø 2,5	81	AC	84	98.18	54.0	61	0.14	8.4
ОК 46.00	Ø 2,5	65	AC	83	96.43	62.79	72	0.16	9.6
ОК 43.33	Ø 2,5	65	AC	83	96.43	51.92	59	0.14	8.4
Вежен	Ø 2,5	65	AC	83	98.15	52.48	60	0.14	8.4
ОК 46.00	Ø 2,5	70	AC	83	96.43	62.79	72	0.17	10.2
ОК 43.33	Ø 2,5	70	AC	80	92.86	50.00	57	0.13	7.8
Вежен	Ø 2,5	70	AC	84	98.18	54.00	62	0.14	8.4
ОК 46.00	Ø 2,5	75	AC	80	92.86	60.47	70	0.16	9.6
ОК 43.33	Ø 2,5	75	AC	85	98.21	52.88	60	0.14	8.4
Вежен	Ø 2,5	75	AC	83	96.36	52.48	60	0.14	8.4
Норд	Ø 2,5	80	DC+	100.00	118.18	61.32	71	0.16	9.6
ОК 48.00	Ø 2,5	80	DC+	104.69	121.82	59.82	68	0.16	9.6

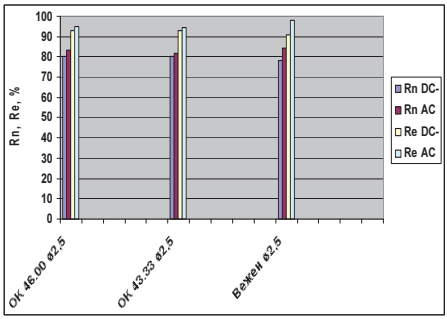
От представените на фигура 1 резултати се вижда, че рандемана (R_E, R_N, R_G и R_D – с и без отчитане на обмазката) на изследваните три марки рутилови електроди зависи от вида на тока, като при променлив той е по-висок в сравнение с този получен при използване на постоянен ток и права полярност на свързване.

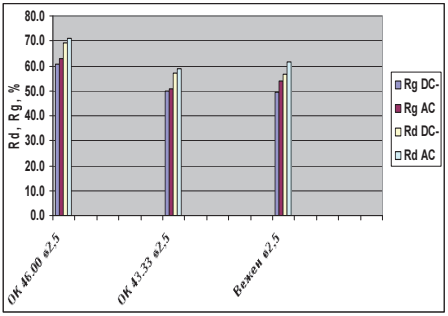
За разлика от рандемана обаче, коефициентът на наваряване „D" за електроди марка „ОК 46.00" и „43.33" намалява при използването на променлив ток, докато за електродите „Вежен" той остава постоянен.

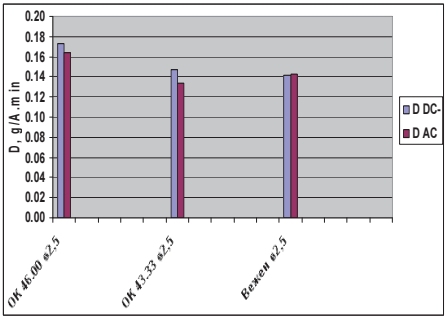
На фигура 2 е представено влиянието на големината на тока върху изследваните характеристики. За електроди „ОК 46.00" нарастването на тока е свързано с понижаване на рандемана. При „ОК 43.33" обаче увеличаването на тока води първоначално до намаляване, а след това до значително нарастване на рандемана. При електроди „Вежен" тези технологични характеристики са почти постоянни. Коефициентът на наваряване и при трите марки електроди почти не се влияе от големината на тока.

Фигура 3 представя сравнение между изследваните характеристики на две марки идентични базични електроди – „Норд" и „ОК 48.00". От тях става ясно, че

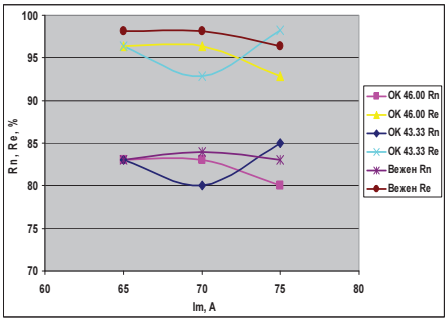
както рандеманът, така и коефициента на наваряване и при двата вида електроди е от един порядък.

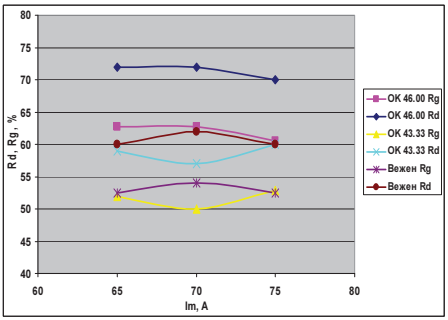




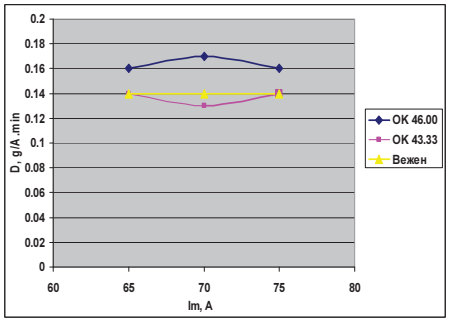


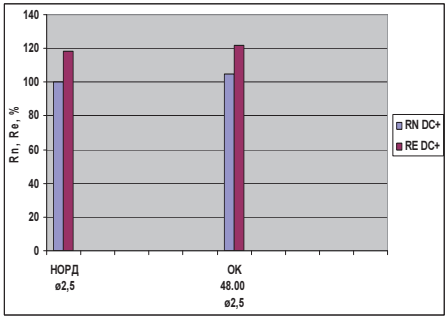
Фиг. 1 Влияние на вида на тока върху технологичните характеристики на рутилови електроди марки „Вежен", „ОК 46.00" и „ОК 43.33"

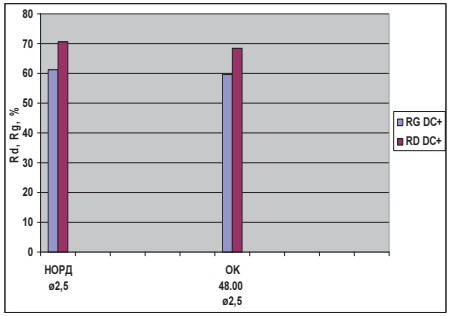


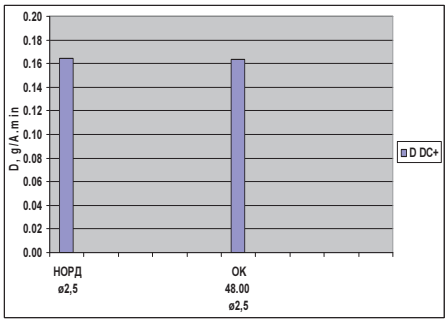


Фиг. 2 Влияние на големината на тока върху технологичните характеристики на рутилови електроди марки „Вежен", „ОК 46.00" и „ОК 43.33"









Фиг. 3 Технологични характеристики на базични електроди марки „Норд" и „ОК 48.00"

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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

1. Върху технологичните характеристики на обмазаните електроди основно влияние оказват вида и големината на тока.

2. При електродите базичен тип, рандеманът надвишава 100%, което се дължи на наличието на метални прахове в обмазката, осъществяващи допълнително легиране на метала на шева. Това от своя страна гарантира по-висока производителност в сравнение с рутиловите електроди.

3. Получените резултати показват, че значителна разлика в технологичните характеристики на изследваните идентични марки електроди няма.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Желев А., Материалознание - техника и технология, Том 2: Технологични процеси и обработваемост – София, 2002 – 430с.

[2] Николов Д., М. Трифонов, П. Петров, С. Раевска. Ръководство за лабораторни упражнения по заваряване. Русе. 1986.

[3] EN 22401/1994

[4] www.electrodes.bg

За контакти:

Ина Колева Христова студентка V курс специалност "Заваряване", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: ina.hristova@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 някои свойства на вакуумно оксикарбонитрирани инструментални стомани (9ХС и Х12)

автор: Марина Лазарова
научен ръководител: д-р Мария Николова

Absract: *This paper considers the topographic view and surface roughness of two different vacuum oxy-nitrocarburized annealed tool steels. The thermo-chemical process is carried out before the quenching and tempering processes. With regard to the process conditions, the cross-sectional microstructure and the phase composition near the surface are analyzed. The compound layer hardness as well as the estimative triboligical surface properties is compared to the scratch test results.*

Key words: *oxy-nitrocarburizing, tool steels, microstructure, phase composition, Nano tester indentation*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Оксикарбонитрирането (ОКН) представлява процес на насищане на металните повърхости с трите химични елемента - N, C и O при подкритични температури на Fe-C сплави. При ОКН не се налага провеждане на пост-оксидиране, тъй като кислородът е участник в процеса на насищане.

При средновъглеродните и високолегираните инструментални стомани обработването се извършва при температури 550-600°C, чрез обогатяване предимно с N, за повишаване на износоустойчивостта и границата на умора, а при бързорежещите стомани се повишава и топлинната устойчивост. Първоначално е приложено за обработване на слабо натоварени детайли от нисковъглеродни, нелегирани стомани с малка якост на сърцевината. Впоследствие, когато този процес започва да се прилага за обработване на тежкотоварни детайли, възниква необходимостта от по-голяма якост на сърцевината. Това се постига чрез повишаване на въглеродната концентрация и легиране на стоманата.

След ОКН на легирани стомани получената висока твърдост е резултат от дисперсно твърдеене след насищане. Тъй като Cr е един от най-често използваните легиращи елементи в стоманите, то неговото влияние при вакуумното ОКН ще представлява научен и практически интерес.

В тази връзка са избрани две марки инструментални – нетоплоустойчива, комплексно легирана хром-силициева стомана - 9ХС и една полутоплоустойчива високохромова стомана – Х12. Двете стомани са наситени в състояние на доставка, тъй като от литературата е известно, че за високолегираните инструментални стомани от типа Х12, Х12М, 3Х2В8, Р18 и др., карбонитрирането се явява подходящо предварително химико-термично обработване.

Целта *на настоящия доклад е да се изследва структурата, състава и някои свойства на ОКН зони на инструментални стомани 9ХС и Х12 след насищане в състояние на доставка.*

2. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Пробните тела от стомани 9ХС (*90CrSi5, DIN 1.2738*) и Х12 (*Cr12*, *ISO X210Cr12, DIN 1.2080, ASTM D3*) с химичният състав, посочен в *табл. 1,* са подложени на ОКН при реално провеждани промишлени режими. Те са с цилиндрична, форма и приблизителни размери ∅ 20 x 10 mm.

Табл. 1. Химичен състав на използваните подложки (тегловни %).

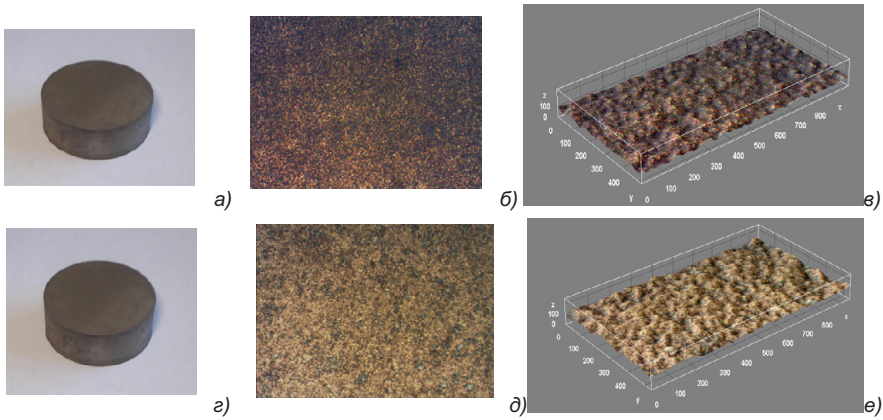
Стомана	*C%*	*Si,%*	*Mn,%*	*Cr, %*	*S, %*	*P, %*	*Fe, %*
9ХС	*0,85-0,95*	*1,20-1,60*	*0,30-0,60*	*0,95-1,25*	*< 0,03*	*< 0,03*	*Bal.*
Х12	*1,45-1,65*	*0,15-0,35*	*0,15-0,40*	*11,0-12,5*	*< 0,03*	*< 0,03*	*Bal.*

Вакуумното ОКН е извършено в промишлена уредба по режими за формиране на износоустойчив слой съвместно с детайли за уякчаване [1]**.** Използвани са класически и съвременни методите и средства за изследване на състава, структурата и свойствата на наситените зони, а именно: измерване на грапавост на повърхността (с профиломер Mitutoyo SJ 201P); изследвана е микроструктурата на наситения слой (с микроскопи EPYTIP); определен е рентгеноструктурно фазовия състав (с ренгенов дифрактометър URD-6 с Fe-K_α лъчение); измерена е твърдост на зоните по различни класически методи (микротвърдосмер ПМТ-3 и Викерсов твърдосмер Wilson Wilpert Hardness Tester 432 SVD) и с помощта на Нанотестер (FISCHERSCOPE® H100); определяне на кохезионната якост на зоните (чрез метод на надраскването с уред CSEM-REVETEST®).

3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

3.1. Топография, структура и състав на образците

Външният вид на пробните тела след едновременното им насищане при указания режим, е показан на *фиг. 1.* От цвета на повърхността на пробите може да бъде установено, че на повърхността на образците след насищане присъства тъмен оксиден филм.



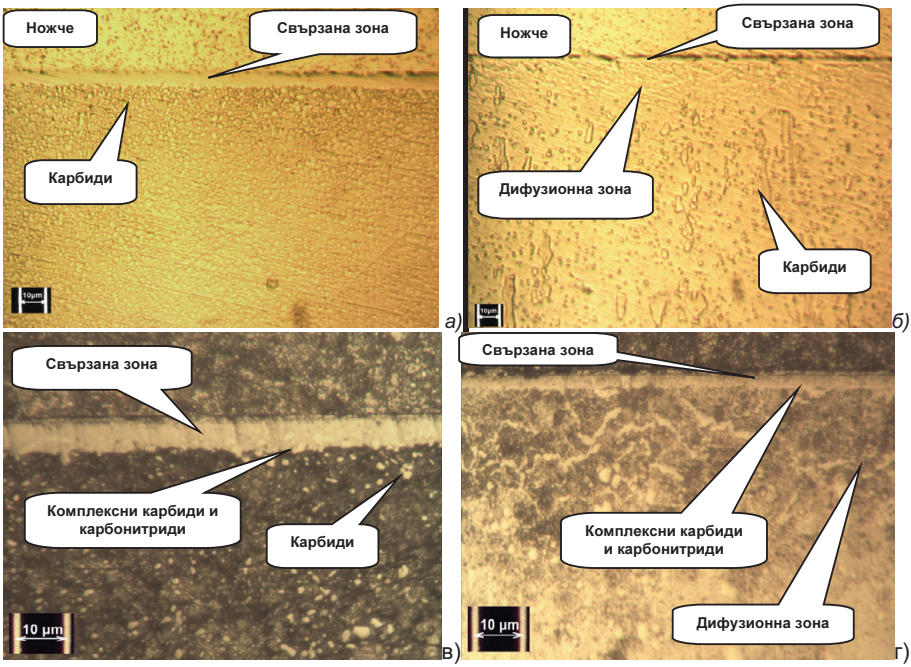
Фиг. 1. Повърхностен анализ на образците: а) външен вид на 9ХС; б) истинска (обектив 50х) топофрафия на 9ХС, в) моделна топография на 9ХС; г) външен вид на Х12; д) истинска (обектив 50х) топография на Х12, е) моделна топография на Х12.

От топографията на ОКН стомана 9ХС се вижда, че повърхностната структура е сравнително дисперсна (*фиг. 1. б, в*). Това означава, че протичащите фазови превръщания по време на насищането не предизвикват съществени промени в повърхностната грапавост. Доказателство за това са и ниските стойности на R_a и R_z (*табл. 2.).* Топографската снимка на стомана Х12 след ОКН показва наличие на карбидни фази, видими на повърхността на свързаната зона. Тяхното присъствие там, макар и слабо, се отразява върху грапавостта на образеца (*табл. 2.*). Моделната топограгия показва по-голяма неравност на повърхността на Х12 от тази при стомана 9ХС, като първата изглежда по-едрозърнеста.

Табл. 2. Стойности на грапавостта при ОКН проби (базова дължина 0,25 mm)

Параметър	***9ХС ОКН***	***Х12 ОКН***
R_{max}, [μm]	*1,23*	*1,33*
R_z, [μm]	*0,16*	*0,18*

След проявяване с 3%-ен разтвор на азотна киселина корозионно-устойчивата свързана зона се запазва светла както при 9ХС (*фиг. 2. а*), така и при Х12 (*фиг. 2. б*). При последната по-слабо се проявява и дифузионната зона, която съдържа видимо по-малко количество карбиди. В условията, в които се провежда ОКН, термодинамичната устойчивост на нитридите е по-голяма от тази на карбидните фази, което обяснява наблюдаваното намаляване на карбидите.



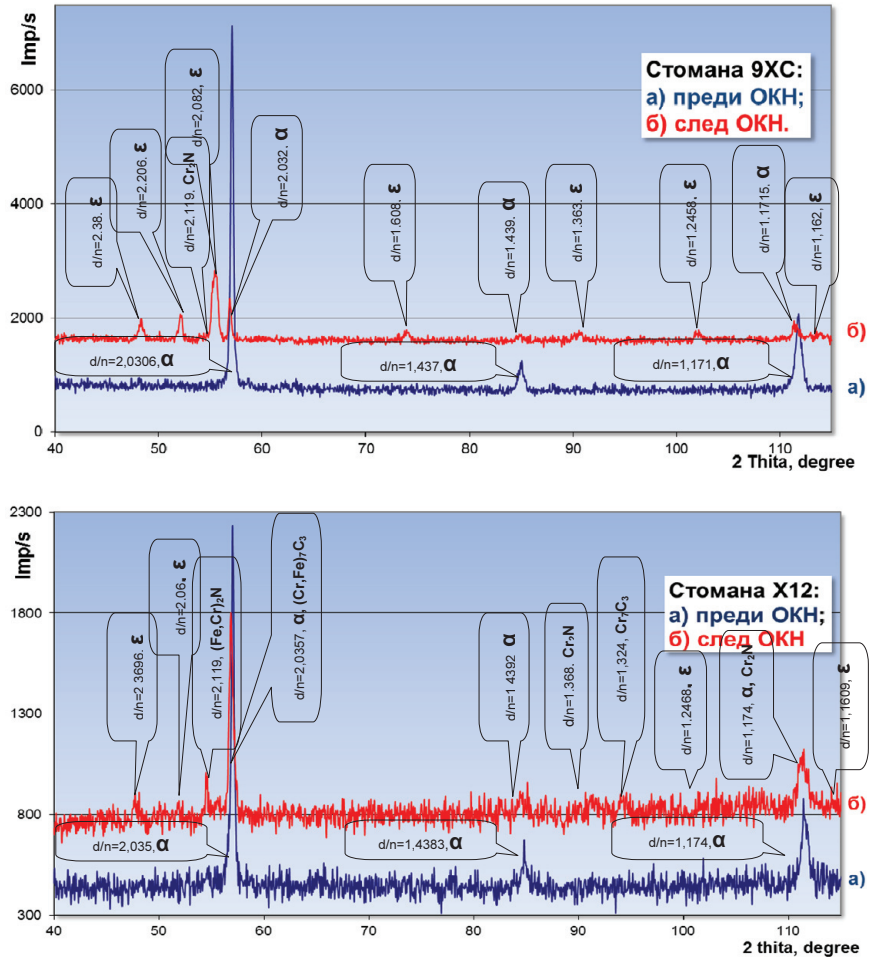
Фиг. 2. Микроструктура на свързана зона и подлежаща дифузионна зона на ОКН: а) 9ХС и б) Х12, проявени с нитал; в) 9ХС, проявени с реактив на Marble; г) Х12 проявени с реактив на Marble и последващо проявяване с Мураками.

При проявяване с реактив на Marble и при двете ОКН стоманени проби ясно се отличава по-тъмно изглеждащата дифузионна зона от сърцевината (*фиг. 2. в и г*). При ОКН стомана 9ХС относителното намаляване на карбидната фаза в тази зона е далеч по-слабо от същото при топлоустойчивата стомана. Като елемент затрудняващ самодифузията [2], Si намалява дифузионния поток на елементите в дълбочина. Заедно е това уякчената от Si феритната решетка е изкривена и разтворимостта на N в нея е по-висока. В следствие от пресищането на ферита могат да се отделят меки γ'-нитридни фази, които трудно се наблюдават микроструктурно. От тук следва, че по-голямата част от активно дифузиращите атоми ще преминават през феритните решетки на стоманата като макар и слабо ще я уякчат и обезвъглеродят. Този процес ще забави карбид-нитридното превръщане в зоните, тъй като поради по-плътните си решетки, карбидите се явяват „бариери" в дифузионния поток.

При Х12 общата дебелина на двете зони (определена микроструктурно) не надхвърля 50 μm, докато при 9ХС тази дебелина е над 100 μm. Докато нитридите и карбонитридите в дифузионната зона на 9ХС са с окръглена морфология, то азот-

или азот и въглерод-съдържащите фази в дълбочина на стомана Х12 имат по-скоро пластинчата форма. Това наблюдение потвърждава настъпилото карбид - карбонитридно/нитридно превръщане на фазите под действие на насищащите елементи. Този факт би следвало да има отношение и към механичните свойства на образеца, поради издребняването на иначе нееднородната карбидна фаза.

При наблюдение с имерсионен обектив след проявяване с реактив на Marble *(фиг.2. в и г)* се вижда, че в състава на свързаната зона липсва γ´-нитрид, който се проявава с по-тъмен цвят от реактива. В състава на свързана зона участват комплексни карбидни и карбонитридни фази, изглеждащи по-светли от надлежащата ε-фазата.



Фиг. 3. Фазов състав на стомана 9ХС и Х12: а) на стоманата преди ОКН; б) след насищане.

От XRD анализа се установява, че пиковете на феритните фази след ОКН освен че имат по-слаб интензитет, поради наличието на свързана зона на повърхността, са изместени по посока на по-малките ъгли, а отношението d/n е увеличено. Този факт доказва пресищането на фазата с N. Преобладаващата фаза в свързаната зона е ε-карбонитрида, а пикове на γ'-нитрида не се установяват. В рентгенограмата присъстват и пикове на хексагоналните $(Fe,Cr)_2N$ и Cr_2N фази, вероятно формирани от превръщане на легирания цементит под действие на дифузиращите елементи още през първите 5 часа на процеса [3].

За разлика от 9ХС, при ОКН-та Х12 отместването на α-пиковете към по-малките ъгли е по-слабо, особено при големите ъгли. Това показва по-малкото количетсво N във фазата. Освен ε-$Fe_3(N,C)$ в близост до повърхността на пробата присъстват основно $(Fe,Cr)_2N$ и Cr_2N фази.

Интересен факт е, че карбидни фази от вида $(Cr,Fe)_7C_3$ в близост до повърхността почти не се установяват, тъй като те или съвпадат с други пикове, или интензитета им е близък до фоновия. Резултатите от рентгеноструктурния анализ за намаляването и дори отсъствие на карбиди в тази зона на слоя, установено микроструктурно, потвърждават по-горе казаното.

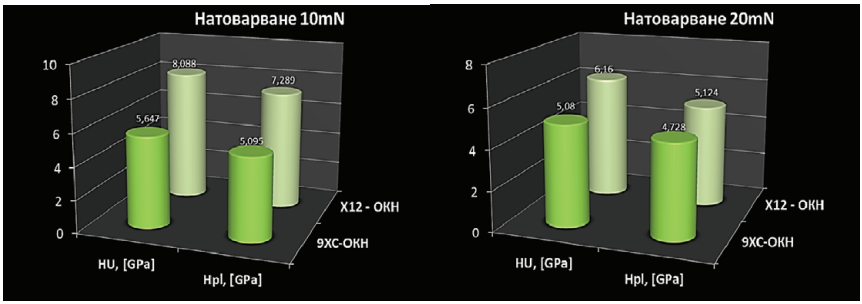
3.2. Твърдост и износоустойчивост

В *табл. 3.* са посочени резултатите от измерването на твърдостта на свързаната зона в напречно направление (върху кос шлиф) с ПМТ-3 и натоварване 20 г., както и в план – с Викерсов твърдомер с натоварване 300 г.

Табл. 3. Твърдост на зоните в напречно направлениев и в план.

Параметър	*9ХС ОКН*	*Х12 ОКН*
Дебелина, [μm]	*7 - 8*	*4 - 5*
$HV_{0,3}$ (в план)	*660*	*822*
$HV_{0,02}$ свързана зона (в напречно направление)	*659*	*934*
H_{pl}, [20 mN], (в план), [GPa]	*4,728*	*5,124*

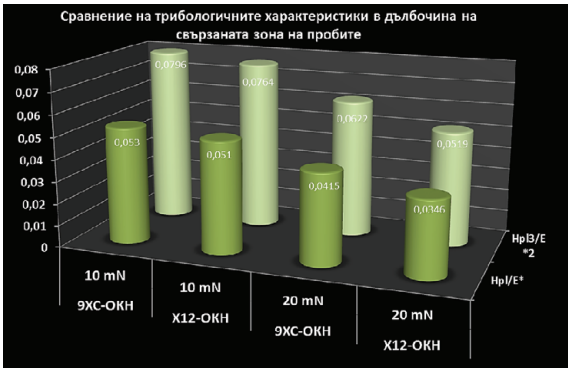
Като се има предвид дебелините на свързаните зони на образците, повърхностната грапавост и дълбочината на проникване на индентора при нанотестерното измерване [4], за по-точно определена стойност на твърдостта (*фиг. 4.*) може да се приеме тази при 20 mN натоварване (h_{20mN} = 0,386 μm за 9ХС, h_{20mN} = 0,356 μm за Х12)



Фиг. 4. Съпоставка на HU и Hpl, определени при различни натоварвания за стомани 9ХС и Х12 след ОКН.

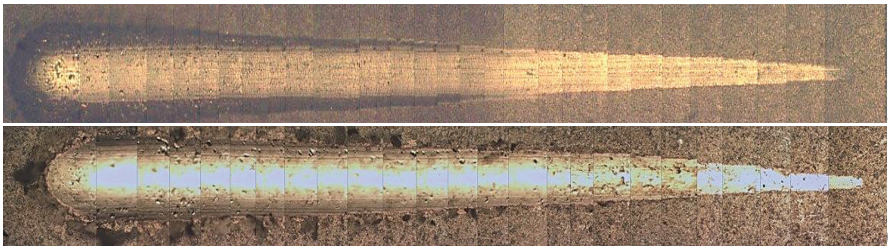
На *фиг. 5.* са показани графично съотношенията представящи евентуалното износоустойчиво поведение на зоните.Въпреки по-високите стойности на твърдостта при ОКН-та стомана Х12, устойчивостта спрямо пластична деформация - H_{pl}^3/E^{*2} и износоустойчивостта - H_{pl}/E^* [5,6,7] на свързаната зона при стомана 9ХС показва по-високи стойности както при 10 и 20 mN натоварване. Тенденцията при изменението на двете съотношения и при двата образеца е аналогична, а именно: в дълбочина на свързаната зона устойчивостта спрямо пластична деформация - H_{pl}^3/E^{*2} и износоустойчивостта- H_{pl}/E^* намаляват.

Тук е необходимо да се отбележи, че гореспоменатите два вида съотношения представят предполагаемо износоустойчиво поведение на зоната, определено в условия на статично натоварване.



Фиг. 5. Устойчивостта спрямо пластична деформация - H_{pl}^3/E^{*2} и износоустойчивостта - H_{pl}/E^* на различна дълбочина от свързаните зони на пробните тела.

По-добре оценяващ реалното трибологичното поведение би бил тест, проведен при динамично натоварване, което имитира истинския процес на износване.



а)

б)

Фиг. 6. Следа от scratch теста на повърхността на пробата, направена при прогресивно нарастващо натоварване от 0 до 100 N, получена при определяне на кохезионната якост на зоните при: а) 9ХС; б) Х12.

Както се вижда от *фиг. 6.,* под действие на приложеното натоварване, следата от скрач теста на повърхността на стомана 9ХС не показва признаци на откъртване или отлющване на свързаната зона около иглата. С увеличаване на натоварването

до края на следата промяната е плавна и е свързана с натрупването на материал встрани и пред следата от настъпилата пластична деформация. Градиентът на намаляване на концентрацията на N не позволява да се наблюдава рязка граница между различните области, както и да се определят критичните сили (на кохезия и адхезия). За кохезионното поведението на окси-карбонитрираната система като цяло след провеждане на "кратковременния трибологичен тест" [8] може да се каже, че не показва признаци на крехко разрушаване, тъй като липсват откъртвания по страничните повърхности на следата.

За разлика от ОКН стомана 9ХС, следа от scratch теста на повърхността при стомана Х12 след напълно еластичната област, в страни от следата се наблюдават малки откъртени участъци, които при нарастването на натоварването стават по-големи и ясно видими. Следите от откъртените участъци до голяма степен наподобяват по форма на запазили се в близост до повърхността първични карбиди. Връзката между тях и фазите в свързаната зона не е здрава. Този факт говори за влошена кохезионна якост и съответно трибологично поведение на повърхността.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

1. Измерените стойности на повърхностната грапавост показват слаба промяна на този параметър след вакуумно ОКН в сравнение с полираната повърхност преди насищане, което е предимство пред други конвенционални методи. Изменението в грапавостта обаче в сравнение с ОКН конструкционни въглеродни и нисколегирани стомани е по-голямо.

2. В комплексно легираната с Cr и Si инструментална стомана 9ХС, след ОКН в състояние на доставка, се формира сравнително дебела свързана зона от комплексни желязо- и хром-нитридни и карбонитридни фази. При Х12 бялата зона е по-тънка като освен ε-Fe_3(N,C), се регистрират и пикове на $(Fe,Cr)_2N$ и Cr_2N фази.

3. Микроструктурно и рентгеноструктурно γ'- нитридни фази и при двата образеца не се установяват.

4. В дифузионната зона и на двете проби количеството на карбидните фази е намалено, поради настъпило карбид-нитридно превръщане по време на ОКН.

5. Въпреки по-малката дебелина на свързаната зона при стомана Х12, твърдостта на повърхността при нея е по-висока в сравнение с тази при ОКН стомана 9ХС.

6. Въпреки по-високите стойности на твърдостта при ОКН-та стомана Х12, устойчивостта спрямо пластична деформация и износоустойчивостта на свързаната зона при стомана 9ХС показва по-високи стойности както при 10, така и при 20 mN натоварване.

7.Направеният Scratch тест доказват индиректно определеното чрез микротвърдостта на свързаната зона трибологично поведение на повърхността на образците, а именно: по-добро при ОКН стомана 9ХС в сравнение с Х12.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Данев. П. С. „Уредба и технологии за вакуумно азотиране, карбонитриране и оксикарбонитриране", Трудове на научната сесия на РУ "А. Кънчев" р р 73-77, ISSN 1311 – 3321, Русе, 2004 г.;

[2] Геллер Ю.А. Инструментальные стали; Металлургия, Москва 1968, стр. 301-306;

[3] Николова М., Дисертационен труд „Оксикарбонитриране на желязо-въглеродни сплави при понижено налягане", Русе, 2013 г;

[4] Friedrich C., G Berg,E Broszeit, C Berger, Measurement of the hardness of hard coatings using a force indentation function; Thin solid films 290-291, (1996), 216-220;

[5] Leyland A., A. Matthews: *Wear*, 2000, vol. 246, pp.1-11;

[6] Fox-Rabinovich G.S., S.C. Veldhuis, V.N. Scvortsov, L.Sh. Shuster, G.K. Dosbaeva, M.S. Migranov, Thin Solid Films 469–470 (2004) 505;

[7] Musil J., M. Louda, Z. Soukup, M. Kubásek, Diamond & Related Materials 17 (2008) 1905–1911;
[8] Berg G., C. Friedrich · E. Broszeit · C. Berger, J. Anal. Chem. (1997) 358, p. 281–285;

За контакти:
ас. д-р Мария Николова, Катедра "МТМ", РУ"Ангел Кънчев", тел.: 082-888 306, e-mail: mpnikolova@uni-ruse.bg

Състав, структура и твърдост на вакуумно оксикарбонитрирана стомана 40ХМ

автор: Екатерина Петрова
научен ръководител: д-р Мария Николова

Absract: *This paper considers the topographic view, surface roughness and microstructure of vacuum oxy-nitrocarburized 42CrMo4 steel. With regard to the process conditions, the chemical elements distribution in depth and the phase composition near the surface are analyzed. The compound layer hardness as well as the estimative triboligical surface properties is represented.*

Key words: *oxy-nitrocarburizing, chemical and phase composition, Nano tester indentation*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Днес една от основните задачи на машиностроенето е повишаването на дълготрайността и надеждността на машинните детайли чрез използване на съвременните методи за модифициране повърхността на сравнително евтините метални конструкционни материали. Процесът, който се използва трябва да се отличава с икономичност, висока ефективност и екологична безопасност. Именно такъв е оксикарбонитрирането (ОКН) в среда от NH_3 и CO_2 при периодично вакуумиране и въвеждане на нови порции газова смес във вакуумната камера. ОКН-то е комбинирано и с промяна в един от основните параметри на процеса - налягането, оказващ съществено влияние върху структурата и съответно свойствата на получената уякчена повърхност.

За отговорни детайли, работещи при знакопроменливи натоварвания най-подходящо се явява ОКН, при което обогатената повърхност се отличава с добре развит дифузионен подслой. При изискване за висока точност в размерите на детайлите, изключващо последваща механична обработка, е особено важно запазването на размерната стабилност. Cr-съдържащите ОКН зони обезпечават уякчаването и изключват размерни изменения. Следователно подходящ обект за изследване на структурата и свойствата на карбонитридните слоеве са легираните с Cr стомани, които би следвало да се характеризират не само с повишена твърдост и якост, но и с високи трибологични показатели.

Целта *на настоящия доклад е да се установи чрез подходящи изследвания структурата, състава и основните свойства на ОКН-на стомана 40ХМ.*

2. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Пробните тела от стомана 40ХМ с химичният състав, посочен в *табл. 1,* определен с квантометър „SPECTRON", са подложени на ОКН при реално провеждани промишлени режими. Те са с цилиндрична, форма и приблизителни размери ∅ 20 x 10 mm.

Табл. 1. Химичен състав на използваните подложки (тегловни %).

Марка	*C*	*Si*	*Mn*	*Cr*	*Mo*	*Ni*	*S*	*P*
Стомана 40ХМ	*0,38*	*0,29*	*0,69*	*1,06*	*0,18*	*0,185*	*0,020*	*0,012*

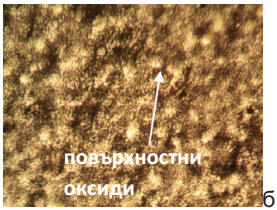
Вакуумното ОКН е извършено в промишлена уредба по режими за формиране на износоустойчив слой [1]**.** Предварителното термично обработване на подложките е подобряване. Използвани са класически и съвременни методите и средства за изследване на състава, структурата и свойствата на наситените зони, а именно: измерване на грапавост на повърхността (с профиломер Mitutoyo SJ 201P); изследвана е микроструктурата на наситения слой (с микроскоп EPYTIP); определен е рентгеноструктурно фазовия състав (ренгенов дифрактометър URD-6 с Fe-K_α

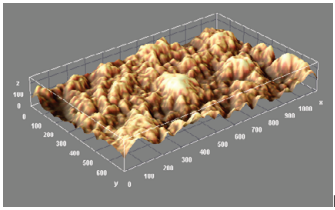
лъчение); послоен спектрален химичен анализ (GDOES анализаторът е на "LECO instruments" GDS-750 QDP); измерена е твърдост на зоните по различни класически методи (микротвърдосмер ПМТ-3 и Викерсов твърдосмер Wilson Wilpert Hardness Tester 432 SVD) и с помощта на Нанотестер (FISCHERSCOPE® H100).

3. РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗ

3.1. Топография, структура и състав

Външният вид на пробните тела след насищането им е показан на *фиг. 1.* От цвета на повърхността на пробите може да бъде установено, че на повърхността на образците след насищане присъства тъмен оксиден филм.

а)


б)

в)

Фиг. 1. Повърхностен анализ на образците: а) общ вид; б) истинска (обектив 50х), в) моделна топография.

Наблюдаваният релеф на повърхността след ОКН е резултат от обемно разширение, фазов преход и селективна атака на компоненти от газовата фаза, съпътстващи формирането на свързаната и дифузионна зони. Стойностите на грапавостта преди процеса на насищане след шлифоване и полиране е между R_a = 0,05-0,1 μm и R_z = 0,3-0,4 μm (стойности, отговарящи на фино полирана повърхност). Резултатите от измерените големини на грапавостта след ОКН са дадени в *табл. 2.*

Табл. 2. Стойности на грапавостта при ОКН проби (базова дължина 0,25 mm).

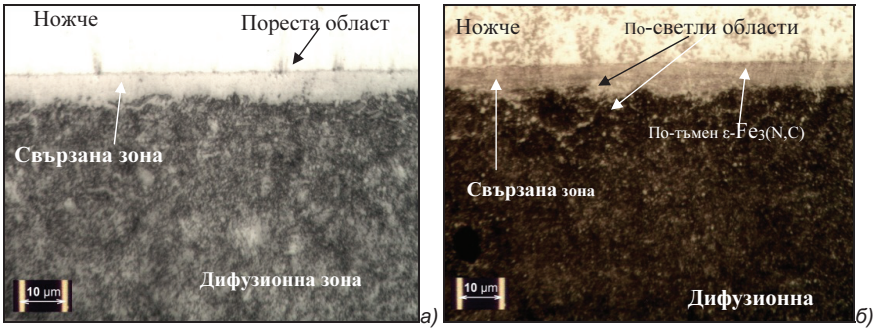
Образец	***40ХМ***
R_a, [μm]	0,08
R_z, [μm]	0,40

Изменението на грапавостта на образците след насищане, в сравнение с тази преди процеса, е минимално. Тук трябва да се има предвид, че използваният метод за измерване е контактен, което обяснява сравнително ниските измерени стойности на R_z при стомана 40ХМ.

Свързаната зона след проявената с нитал структура (*фиг. 2. а*) изглежда хомогенна, слабо пореста и устойчива спрямо киселината. За разлика от нея, след въздействие с реагента на Oberhoffer (фиг. *2. б*) свързаната зона придобива хетерогенен характер. При използване на този реактив по-интензивно се разяждат по-богатите на желязо области. Тогава по-тъмно изглеждащата повърхностна структура е изградена предимно от жилавия ε-Fe_3(N,C), под който са разположени по-светлите комплексни нитриди и карбиди от цементитен тип (θ).

На фиг. 3. а е показано разпределението на химичните елементи в дълбочина на окси-карбонитрираните зони. Известно е, че с увеличаване на амонячната концентрация в газовата смес, относителното количество на ε-фазата в свързаната зона нараства за сметка на γ'- Fe_4N фазата. В сравнение с γ'-, ε-Fe_{2-3}(N,C) притежава по-голяма разтворимост на азот, което е причината за наблюдавания стръмен спад в N концентрация. На повърхността свързаната зона не е преситена с азот (под 25 тегл. %). Този факт се дължи на присъствието на нитридообразуващи елементи в стоманата. Легиращите елементи, разтворени в ε- и α-фазите затрудняват

дифузията на азота в тях. Това намалява дебелината на свързаната зона, но всички те в една или друга степен повишават повърхностната твърдост, както и тази в дълбочина. Липсата на концентрационни стъпала в разпределението на елементите между фазите се обяснява с малката повърхностната грапавост (R_z ~ 0,46 μm), неперпендикулярното насищане в дълбочина на субстрата и различията в дебелината на свързаната зона *(фиг. 2.*). Според GDOES анализа *(фиг. 3. а)*, повърхностната концентрация на N, C и Fe отговаря на фазовия състав на ε-Fe_{2-3}(N,C) при температурата на насищане. Този факт се потвърждава и от XRD анализа *(фиг. 3. б*), където ε-Fe_{2-3}(N,C) преобладава. Тази констатация съответства на изводите, направени в [2], че ε-фазата се формира по-лесно при легираните стомани в сравнение с чистото желязо и въглеродните стомани. При наличие на вече прекристализирали карбонитридни повърхностни слоеве, при които преобладава ε-фазата, скоростта на нарастване на дифузионната зона е по-висока, поради по-високия азотен потенциал на границата ε - α матрица, в сравнение с границата γ'- α матрица [3]. Това може да е друга причина за малката дебелина на свързаната зона.



Фиг. 2. Микроструктура на свързана и дифузионна зони на стомана 40ХМ: а) след проявяване с нитал; б) след проявяване с нитал и Oberhoffer.

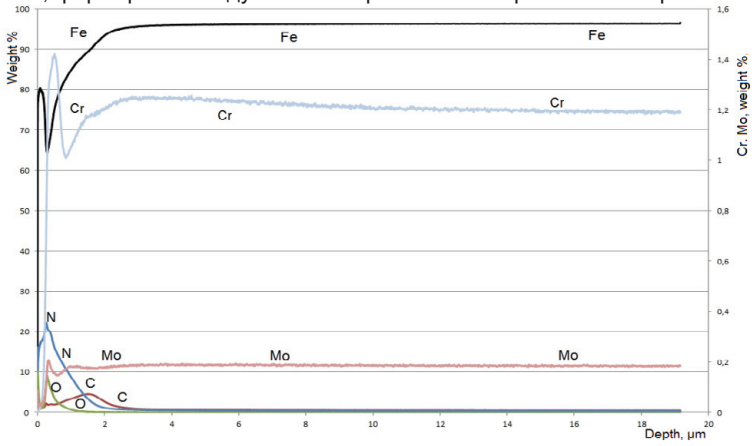
Рязкото градиентното намаляване на % N в ε- и γ'-фазите в рамките на тънката свързана зона определя големи вариации в стойностите на параметрите на ε-решетката, а от тук и увеличени напрежения, породени от различията в състава. Колкото по-големи са композиционните разлики в рамките на ε-фазата в зоната, толкова по-силни би следвало да са остатъчните натискови напрежения, които имат отношение към механичното поведение на повърхностната свързана зона.

Кривите на N, O и Fe показват нетипично разпределение на елементите в близост до повърхността (около 0,5 μm), което е свързано с появата на оксидирани пори [4]. При формирането на пори остатъчният стрес в повърхностния слой на зоната намалява. Откъм порестата страна на свързаната зона съдържанието на Cr е повишено, което е обусловено от високия кислороден потенциал там. Пикът в кислородната концентрация съвпада с този на хрома, което означава, че се натрупва допълнително количество Cr, участващ в окислението. Хромовите оксиди могат да са с достатъчна дебелина на границата Fe_3O_4/Fe_{2-3}(N,C), за да затворят напълно порите, което има важно значение за задържането на лубрикант в тях.

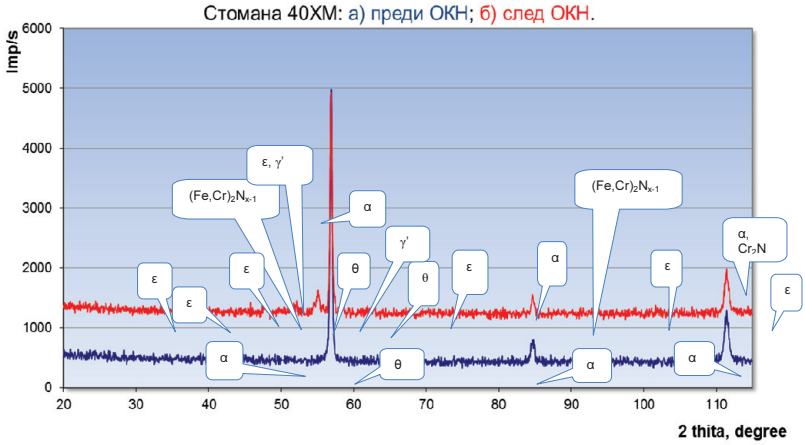
Поради малката дебелина на повърхностния оксиден слой, получен след насищането, той не се регистрира рентгеноструктурно (*фиг. 3. б*).

Насрещната въглеродна дифузия – от субстрата и от газовата фаза, може да обясни въглеродното скупчване под свързаната зона (*фиг. 3. а*). В подлежащата област от свързаната зона се наблюдава едновременно повишено съдържание на N,

С и Cr. Според XRD анализа в зоната присъстват $(Fe,Cr)_2N$ и Cr_2N хексагонални фази и карбиди от цементитен тип (θ). След подобряване на нисколегирани конструкционни сплави Cr и Mo се разполагат предимно в карбидната фаза като в по-малка степен се разтварят в α [5]. Хром-съдържащите нитридни фази са с хексагонална плътно опакована решетка, образувана от атомите на Fe и/или Cr във възлите и с неподредени атоми на N в октаедричните порите, т.е. те се явяват типични фази на внедряване. Образуването им е улеснено, поради кристалографското подобие с решетката на ε-$Fe_{2-3}(N,C)$, а тя – с тази на Fe_3C. Подобието в кристалната структура на фазите определя по-голяма здравина на връзката, формирана между тях по вътрешната повърхност на свързаната зона.



а)



б)

Фиг. 3. GDOES и XRD анализ на стоманената проба: а) разпределение на елементите в дълбочина след насищане; б) XRD анализ преди и след ОКН.

Минимумът в концетрация на Cr е свързан с намалената му разтворимост в СЦК решетката на γ'-фазата. Най - близки по структура и потенциали на образуване

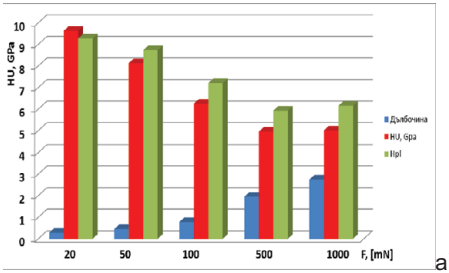
са железните и молибденови нитриди, така че присъствието на Mo в стоманата стабилизира γ'- и ε- карбонитридните структури [6].

3.2. Твърдост

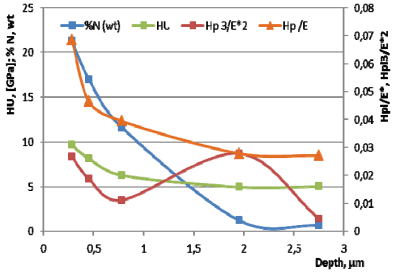
Измерването на твърдостта е най-често използваният метод за оценка на механичните свойства на материалите. В *табл. 3.* са представени стойностите на твърдостта на пробно тяло от стомана 40ХМ преди и след ОКН, определени посредством различни методи за анализ.

Табл. 3. Измерена средна твърдост след подобряване, ОКН и полиране на повърхността на пробните тела.

Материал	*40ХМ*
Твърдост след подобряване (HV_1), (Wilson)	*305*
Твърдост след ОКН и полиране (HV_1), (Wilson)	*538*
Твърдост след ОКН и полиране, ($HV_{0,3}$) (Wilson)	*593*
Микротвърдост на свързаната зона, $HV_{0,02}$, (ПМТ-3)	*1065*
Микротвърдост Nanotester, [GPa]	*8,7 (50 mN)*
Микротвърдост на свързаната зона, $\mu HV_{0,05}$, (ПМТ-3)	*934*
Микротвърдост Nanotester (500 mN), [GPa]	*5,9*



а)



б)

Фиг. 4. Механични характеристики на свързаната зона: а) сравнение на твърдостта (HU и H_{pl}) и дълбочината на проникване на индентора (h) при различни натоварвания; б) сравнение на твърдостта, N тегл.%, устойчивостта спрямо пластична деформация – H_{pl}^3/E^{*2} и износоустойчивостта - H_{pl}/E^* в дълбочина на свързаната зона

Измерването на твърдостта е най-често използваният метод за оценка на механичните свойства на материалите. Разпределението на микротвърдостта в дълбочина на свързаната зона е показано на *фиг. 4. а.* Представените там резултати показват изменението на твърдостта при увеличаването на контактната площ на индентора, която е функция на приложения товар. С увеличаване на натоварването от 20 до 1000 mN, твърдостта значително намалява, което е свързано с влиянието на по-меката дифузионна зона.

Доказано е, че съотношението H_{pl}/E^* по-добре характеризира износоустойчивото поведението на материала, отколкото само стойността на твърдостта [7]. При стоманата това съотношение плавно намалява (*фиг. 4. б*) с увеличаване на дълбочината *h*. Според [8], с намаляването на стойността на H_{pl}/E^* се увеличава адхезивната износоустойчивостта, при която от важно значение е начинът, по който повърхността се деформира. Тогава намаляването на отношението H_{pl}/E^* в дълбочина на зоната е свързано с увеличаване на адхезивната и усойчивост при триене.

За установяване на устойчивостта спрямо пластична деформация на зоната може да се използва съотношението H_{pl}^3/E^{*2} [9]. Повдигнато на съответните степенни показатели, дробта H_{pl}^3/E^{*2} описва с по-голяма чувствителност еластичното поведение на изследвания тънък слой в мястото на контакт, отколкото само отношението H_{pl}/E^* [10]. Основната тенденция във флуктуиращото поведение на H_{pl}^3/E^{*2} показва увеличена устойчивост на пластична деформация в близост до повърхността (свързано с присъствието на оксиди там) и на разстояние около 2 μm в дълбочина на свързаната зона. След това то намалява по посока към дифузионната зона (*фиг. 4.б*). Увеличението на H_{pl}^3/E^{*2} съотношението на границите на двете зони по положение отговаря на подлежащата мултифазна област от ε-, комплексни нитриди и цементитен тип карбиди в свързаната зона.

Тук е необходимо да се отбележи, че гореспоменатите два вида съотношения представят предполагаемо износоустойчиво поведение на зоната в условия на статично натоварване.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ

1. След вакуумно ОКН на повърхността на пробните тела от стомана 40ХМ се образува тънък оксиден слой с тъмен цвят. Изменението на грапавостта след насищане, в сравнение с тази преди процеса, е минимално.

2. След провеждане на вакуумно окси-карбонитриране, на повърхността на стомана 40ХМ се формира хетерогенна свързана зона. Последната съдържа две области: надлежаща - крехка, пореста и оксидирана и подлежаща - многофазна и плътна.

3. Хромовите оксиди се формират в откритите контактни части. Повърхностният ε-$Fe_{2\text{-}3}(N,C)$ не е преситен с N, но рязкото намаляване на азотната концентрация в рамките на тънката свързана зона определя наличие на остатъчните натискови напрежения.

4. Присъствието на кристалографско подобни $(Fe,Cr)_2N$ и Cr_2N хексагонални фази и карбиди от цементитен тип предопределя голяма здравина на връзката, формирана между тях по вътрешната повърхност на свързаната зона.

5. Резултатите от измерването на твърдостта показват много добро износоустойчиво поведение на повърхността като цяло. За правилната оценка на износоустойчивостта на ОКН проба не са достатъчни само резултатите от разпределението на енергията при определяне на микротвърдостта. Въпреки това, стойностите на твърдостта, E^* и техните съотношения дават известна представа за очакваните механични характеристики на зоната при статично натоварване.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Данев. П. С. „Уредба и технологии за вакуумно азотиране, карбонитриране и оксикарбонитриране", Трудове на научната сесия на РУ "А. Кънчев" р р 73…77, ISSN 1311 – 3321, Русе, 10. 2004 г.;

[2] Vogel W., Heat Treatment and Surface Engineering - New Technology and Practical Applications, G. Krauss, ASM International, 1988, p 331-337;

[3] Firrao D., Proceedings, 11th International Conference on Fracture, Turin (Italy), March 20-25, 2005;

[4] Nikolova M., P. Danev, I. Dermendjiev, Recent Researchies in Engineering and Automatic Control - ECME'11, Spain, Tenerife, Puerto De La Cruz, 2011, pp. 186-191;

[5] Лахтин Ю.А. Основы металловедения, Металлиргиздат, Москва 1957, стр. 293-295;

[6] Самсонов Г.В., Нитриды, Наукова думка, Киев, 1969, стр. 42-54.

[7] Leyland A., A. Matthews: *Wear*, 2000, vol. 246, pp.1-11;

[8] Fox-Rabinovich G.S., S.C. Veldhuis, V.N. Scvortsov, L.Sh. Shuster, G.K. Dosbaeva, M.S. Migranov, Thin Solid Films 469–470 (2004) 505;

[9] Musil J., M. Louda, Z. Soukup, M. Kubásek, Diamond & Related Mater. 17 (2008) 1905–1911;

[10] Mihut D. M., S. M. Aouadi , J. A. Turner, S. L. Rohde, Tribol Lett, DOI 10.1007/p.11249-2008;

За контакти:

ас. д-р Мария Николова, Катедра "МТМ", РУ"Ангел Кънчев", тел.: 082-888 306, e-mail: mpnikolova@uni-ruse.bg

Проблеми при термичното обработване на стомани с предварително нанесени вакуумни кондензати

автор: Петя Тодорова
научен ръководител: д-р Ваня Захариева

Abstract: *The possibilities for thermal processing of pre-deposited PVD coating type Ti /TiC /TiN coated on tools, thermo unstable steels.*
Also influence the resulting process of deferment intermetaliding layers, Fe-Ti and Fe2-Ti for the retention of their thickness and form and after heat treatment.
Studies were carried out in the NTZ WTS department of MTM. Were carryet out microstructure and layered GDOES chemical analyzes.
Keywords: *thermo unstable steels, heat treatment, the barrier layers*

ВЪВЕДЕНИЕ

Защитно-декоративни, твърди и износоустойчиви покрития от вида $(Ti_{,Me})N$ и $(Ti_{,Me})C$ се използват за покриване на режещи инструменти и такива за пластично деформиране, като се отлагат основно върху върху легирани и топлоустойчиви стомани. Така се повишават редица показатели, като твърдост, корозионна устойчивост, някои механични характеристики и др.

Отложени чрез PVD методи вакуумни покрития в голяма степен отговарят на горните изисквания. Утвърдените през последните десетилетия технологии за вакуумна метализация и вакуумно ТО позволяват тяхното получаване и обработване без или с минимални вредни отражения върху околната среда [6].

Разработени са и продължават да се разработват качествено нови технологии за тяхното получаване, по принцип обаче те са завършващи в процеса на обработка на изделието.

До момента в литературата не са открити данни за нанасянето на покрития от подобен тип, като предварителна обработка преди окончателното термично уякчаване на подложката – стомана във вакуумни пещи.

Основна задача на настоящата работа е да се изяснят проблемите при термично обработване (закаляване и отвръщане) на подложки от нетоплоустойчиви и полутоплоустойчиви стомани с предварително нанесени многослойни покрития на титанова основа от типа TiN/TiC.. и TiC/TiN.. и превръщане на процеса термично обработване от предварителен в окончателен.

ТЕРМИЧНО ОБРАБОТВАНЕ НА ВАКУУМНО ОТЛОЖЕНИ ПОКРИТИЯ

В световен мащаб различни видове покрития се отлагат предимно върху топлоустойчиви легирани стомани. Предварително е проведена уякчаваща термична обработка, след която се нанася покритието, така процесът на ТО се явява предварителен. Интерес представлява нанасянето на покрития върху нетоплоустойчиви или полутоплоустойчиви стомани и последващо термично обработване с цел изясняване на възможностите да се разработи комбиниран технологичен процес, който да разшири кръга на използваните стомани с покритие в машиностроенето.

Естествено е да възникне въпросът какво би могло да се очаква след такъв вид обработка?

1. Ще остане ли покритието и след проведената термична обработка?

Възможностите са две, или ще се наруши неговата цялост или то ще остане невредимо върху стоманата. В условията на катедра МТМ са нанасяни различни

видове покрития върху полутоплоустойчиви и нетоплоустойчиви стомани и след това са термообработвани.

Натрупания дългогодишен опит показва, че еднослойни покрития от TiN могат да се термообработват успешно. В някои от случаите обаче се наблюдава напукване и частично откъртване на покритието, най-често това става при TiC-те покрития, може би заради характера на връзката /преобладаващо йонен/ вътре в самото химичното съединение.

Като окончателна обработка е прилагано термично уякчаване на образци с отложени до петслойни покрития състоящи се от карбидни и нитридни фази на титанова основа получени чрез магнетронно разпрашване във вакуумна пещ, върху подложки от стомани 9ХС и Х12М с междинен слой Ti(Me) с различна дебелина.

2. При наличието на многослойни структури след термообработване ще се запазят ли основните слоеве или всичко ще се превърне в един слой с променлива концентрация на покриващата фаза от повърхността към основата ?

Вследствие повишените температури по време на термообработването със сигурност ще се наблюдават рекристализационни процеси в нанесените покрития и известно уедряване на структурата.

Изследванията показват, че ТО не води до съществени промени в броя и вида на основните слоеве и подслоеве, количествените съотношенията на елементите в тях се запазват увеличава се само общата дебелина на покритието [4,5].

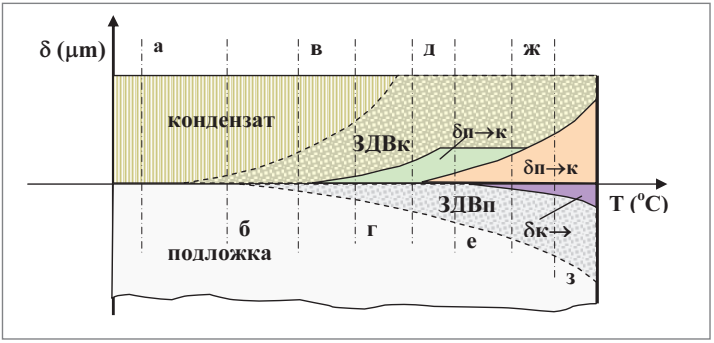
Всичко това е така в случаите, когато дифузионните и рекристализационни процеси могат да протекат спокойно по време на обработката.

Интересен и важен момент е формирането на бариерни слоеве в хода на отлагане на покритието и на дифузионното взаимодействие кондензат-подложка.

Ако съгласно диаграмата на състояния на системата се формират ред от фази е напълно възможно поне една от тях да представлява химично съединение или някаква друга междинна фаза, през която дифузията да е силно затруднена поради различия в кристалната структура.

3. Ще може ли в този случай да се запазят вида и характера на покритието?

Наличието на бариерни слоеве от типа FeTi и Fe_2Ti със сложният си кристален строеж със сигурност ще затруднят дифузионните процеси.



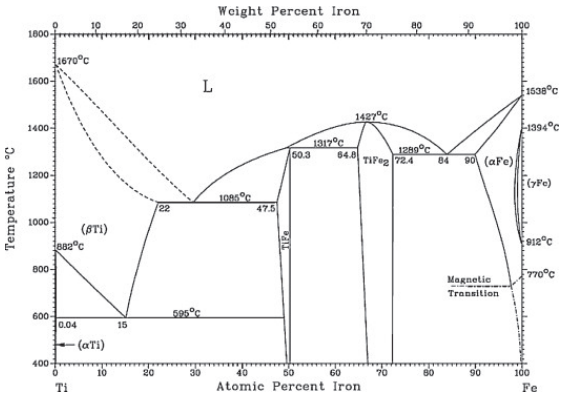
Фиг. 1. Роля на бариерен слой за кинетиката на процеса вакуумно-дифузионно метализиране

Количеството на формиралите се интерметалиди като „бариерен“ слой е в зависимост от времето на отлагане на покритието и от времетраенето на термичната обработка от което ще зависи неговата плътност (фиг. 1).

По-голямото количество интерметални фази увеличават неговото бариерно действие, забавят дифузионните процеси и спомагат за запазване дебелината на покритието като цяло.

Роля на интерметалидните фази FeTi и Fe_2Ti

Данните в литературата за химичните съединения FeTi и Fe_2Ti са твърде ограничени. Подобен тип фази са отлагани върху стомана (304ss). Получени са като реакционни слоеве в дифузионни зони при 900° С. С повишаване на температурата до 950° С здравината на връзката в интерметалидната фаза намалява и тя става по-крехка, създават се условия за микропукнатини, същото се наблюдава и при понижаване на температурата под 850°С (фиг. 2).



Фиг. 2. Диаграма на състояние Fe-Ti

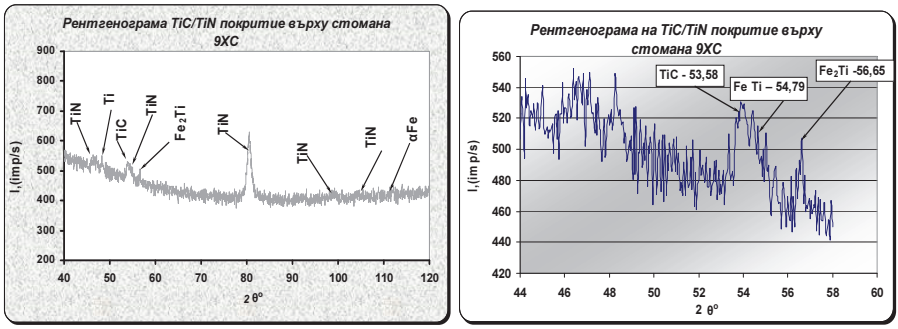
При температури под 595 °С обаче, Ti има еднофазна структура α(hcp) преминавайки през отворената му метална матрица атомите на Fe могат да изминат големи разстояния в кристалната решетка на αTi, обратното обаче е много по-трудно /4/. Ако се приеме това твърдение при разглежданите температури следва, че Fe се разтваря в Ti /фиг.2/.

Процентното съотношение между Ti и Fe при тези фази варира в широк диапазон за Ti (~ от 2 до 75 at%), а за Fe от (~2 до 66 at%). Нестехиометрични Fe–Ti и Fe_2 Ti са отложени в наноскалата чрез „co-precipitation” метод. С добавка на окис $(Fe_2Ti)_{0.8}O_4$ показват отлична селективност и стабилност в реакционна среда от NH_3 .

В условията на НЦ ВТС към катедра МТМ при предишни изследвания е констатирано наличие на бариерни слоеве от типа FeTi и Fe_2Ti - обект на дипломни работи и докторска дисертация.

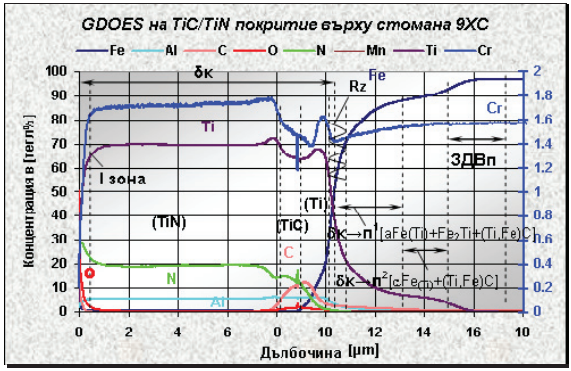
Без да е планирано горепосочените фази са получени и в рамките на експеримент при отлагане на покрития от типа Ti/TiC/TiN.

Потвърждение на този факт намираме след проведен рентгеноструктурен анализ на покритията. От фигура 3 се вижда, че освен наличните пикове на TiN, TiC и αFe от подложката са отчетени и такива на Fe_2Ti. Особеност в случая е припокриването на пиковете на TiC със стойност на 2 тита 53,58 и Fe Ti – 54,79. Според световната база данни PDF - /Powder Difraction File/, посочените фази се намират точно на същите ъгли.

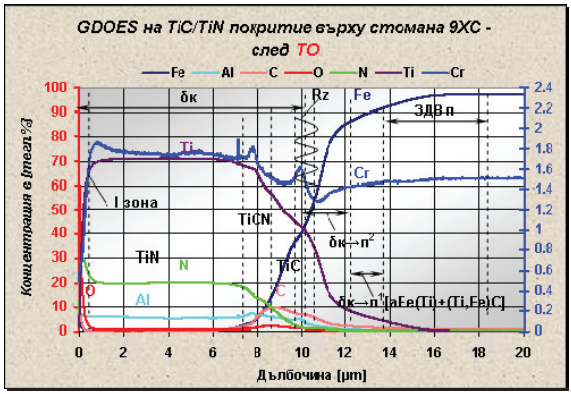


Фиг. 3. Рентгенограми на двуслойни покрития Ti/TiC/TiN

Наличие на интерметалидните съединения Fe_2Ti и FeTi във вид на бариерни слоеве е потвърдено и при послойният химичен GDOES анализ /фиг.4/.



а/



б/

Фиг. 4. Послоен химичен анализ на двуслойни покрития: а/ преди и б/ след ТО

Изследванията показват, че и след термично обработване вида на покритието не се е променил, т.е. то си остава тип вакуумен кондензат с микродифузионна връзка към подложката.

Би могло да се твърди, че е напълно възможно да се създаде съвършено нова технология за получаване на покрития, съдържащи бариерни слоеве, благодарение на които покритията да запазват както типа си, така и своята дебелина.

Необходимо е да се изследват допълнително условията в процеса на отлагане, при които се осигурява формиране на достатъчно плътен бариерен слой от интерметалидни съединения от типа Fe –Ti.

Получените резултатите от изследвания в НЦ ВТС дават основание за следните изводи:

1. Според литературните източници в световната практика такива изследвания не са правени. До момента по въпроса е работено и продължава да се работи само в катедра МТМ към РУ „А.Кънчев".

2. До момента изследванията са показали ограничени възможности за влияние върху процеса на структурообразуване, неизбежно влошаване на структурата на подложката изискващо допълнително термично обработване. Кинетиката на процеса се определя от скоростта на формиране на дифузионен слой само на една разделна граница кондензат – подложка и то от страната на подложката.

3. Според процентното съдържание и съгласно тройната диаграма Fe-Ti-N и двойната Fe-Ti на границата кондензат - подложка има условия за образуване на бариерни слоеве на интерметалидните фази Fe,Ti или Fe_2Ti.

4. Резултатите от настоящата работа показват, че е възможно да се създаде нова технология за получаване на покрития, които и след термична обработка да запазват своя тип и дебелина и при които термичната обработка от предварителна може да стане окончателна, с което да се разшири кръга на използваните стомани в машиностроенето с отложени във вакуум твърди износоустойчиви покрития.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]. Huang Yuan a,*, Jian Chen b,Computational analysis of thin coating layer failure using a cohesive model and gradient plasticity, Received 12 October 2002;received in revised form 21 February 2003;accepted 24 February 2003.

[2]. V. Teixeiraa,*, M. Andritschkya, W. Fischerb, H.P. Buchkremerb, D. StoÈverb, Analysis of residual stresses in thermal barrier coatings, aDepartamento de Fisica, IMAT-Instituto de Materiais, Germany 2003.

[3]. A. Portinhaa, V. Teixeiraa,*, J. Carneiroa, J. Martinsb, M.F. Costac, R. Vassend, D. Stoeverd,Characterization of thermal barrier coatings with a gradient in porosity aGRF-Functional Coatings Group, Physics Department, University of Minho, Campus de Azure´m, 4800 Guimara˜ es, Portugal, Germany 2004.

[4]. S. Kundu a, M. Ghoshb, A. Laik c, K. Bhanumurthy c, G.B. Kale c, S. Chatterjee a, Diffusion bonding of commercially pure titanium to 304 stainless steel using copper interlayera Department of Metallurgy and Materials Engineering, Mumbai,, India 2005

[5].Шишков Р. „Вакуумно дифузионно метализиране" Дисертация, РУ "А.Кънчев", Русе, 2004 г.

[6]. Миланова Д. „Възможност за термично обработване на многослойни карбидни и нитридни покрития на основа титан и хром, отложени върху полутоплоустойчиви и нетоплоустойчиви стомани" НАУЧНИ ТРУДОВЕ НА РУСЕНСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ - 2012, том 51, серия 2.

За контакти:
ас. д-р Ваня Захариева, Катедра "МТМ", РУ"Ангел Кънчев", тел.: 082-888 306,
e-mail: vanjazaharieva@uni-ruse.bg

Разработване на 6-крака манипулационна система тип Лего

автор: Калоян Иванов
научен ръководител: Чавдар Костадинов

Design of six-legged manipulation system type Lego: *In this paper will represent robot inspired by the nature. Building animals, however, can prove more challenging than vehicles because animals don't use wheels for mobility. Programming can be simple or complex, but animal projects provide the perfect opportunity to create programs that demonstrate behaviors similar to the ones displayed by real animals.*

Key words: *Lego MINDSTORMS, Six-legged walking robot,*

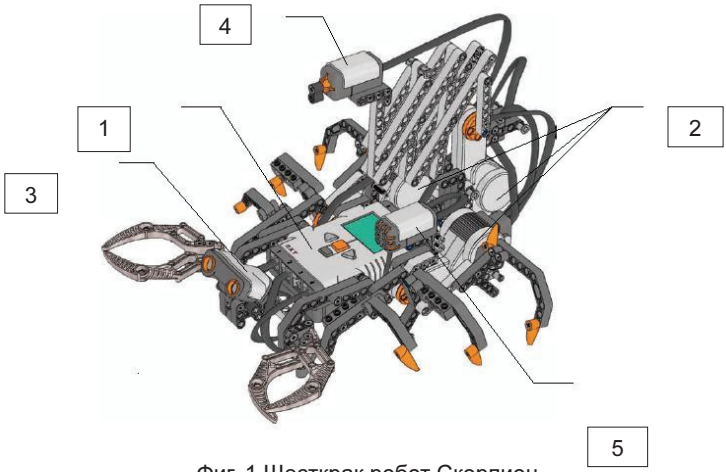
ВЪВЕДЕНИЕ

През 1998 година LEGO Group създава серията програмируеми роботи Lego MINDSTORMS NXT, показана за първи път пред медиите в сегашният си вид през 2006 година. С тази серия на LEGO обучаващите се могат да конструират роботи по собствен вкус и идея и да ги накарат да се движат, говорят, виждат и чуват. За целта в комплекта е включен специален 32-мегабитов процесор на LEGO, който може да бъде свързан с компютър чрез Bluetooth или USB 2.0 кабел за пренос на данни. След това роботът става напълно автономен, освен това той може да бъде управляван и през мобилен телефон или PDA устройство.

Лего Mindstorms NXT прави възможно създаването и програмирането на функциониращ робот в домашни условия. Едновременно с това, новите технологии и увеличените възможности на сензорите разширяват нивото на сложност, което вълнува и предизвиква по-опитните създатели на роботи.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Възможността за бърза реализация на идеите в завършен вид при създаването на роботизирани системи са направо безценни при обучението на студенти. А нищо не действа по-мотивиращо за тях от една работеща експериментална система. С това е мотивирана необходимостта от разработване и използване на Лего роботи за целите на обучението.



Фиг. 1 Шесткрак робот Скорпион

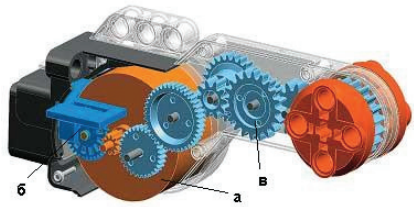
Шесткракото движение е най популярното крачещо задвижване заради възможността от стабилно ходене. Шесткраките роботи често са вдъхновени от

природата. Такъв е и случаят с представяния робот Скорпион.

На фиг.1 са показани основните блокове на Лего, използвани в разработения робот Скорпион:

1 – NXT блок е мозъкът на MINDSTORMS робота. Това е интелигентен, компютърно управляван Лего блок, с помощта, на който роботът може да извършва различни действия.

Фиг. 2. NXT блок



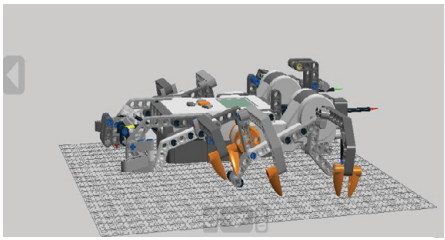
Фиг. 3 Серво двигател
а) двигател; б) тахометър; в) редуктор

NXT блока (фиг. 2) има три изхода за свързване на двигателите (A, B и C) и четири входа за свързване на сензори (1, 2, 3 и 4).

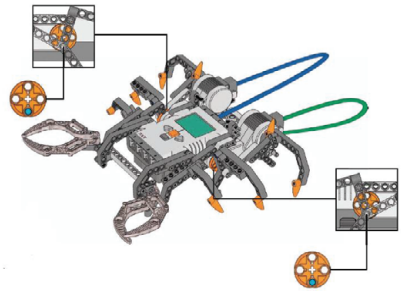
За прехвърляне на програми от компютър към NXT блока или за прехвърляне на данни от робота към компютър се използва USB кабел. Може да се използва и безжична Bluetooth връзка, която гарантира връзка до 10 метра.

2 – Серво двигатели.

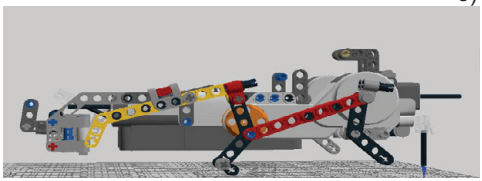
В проекта се използват три еднакви серво двигателя (фиг. 3). Два от тях дават възможността на робота да се придвижва.Двигателите,заедно с NXT блока и краката образуват шасито на робота(фиг. 4, а). Ултразвуковия и звуковия сензор са монтират към шасито на робота.



а)



б)



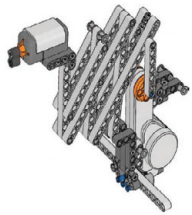
в)

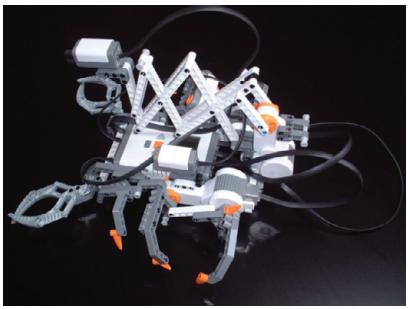
Фиг. 4 Шаси

Чрез специален блок (Move block) от софтуера на Lego MINDSTORMS NXT

двата двигателя могат да се синхронизират така,че роботът да се движи в права линия. Самото движение се осъществява от шест крака разположени равномерно по дължината на робота. Единият двигател задвижва лявата, а другия дясната група крака. Стъпките се редуват чрез лостова система (фиг. 4, б,в).

Третият двигател служи за задвижване на шипа на скорпиона (фиг. 5, а), на който е поставен тактилен сензор. Шипа се закрепя към задната част на шасито. Лостов механизъм осигурява изтеглянето на шипа (фиг. 5, б).



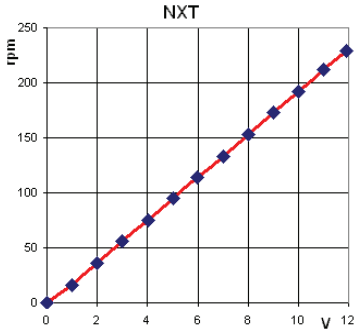


а) б)

Фиг. 5 Шип

Всеки двигател има вграден ротационен сензор (тахометър). Това позволява да се управлява точно движението на робота. Ротационният сензор измерва завъртането на двигателя в градуси или в пълни завъртания (с точност от +/- 1°). Вграденият ротационен сензор, също така позволява да се зададат различни скорости на движение.

Ротационната скорост е пропорционална на подаващото напрежение, както се вижда на фиг. 6. Характеристиката на двигателя е измерена при наличие на товар.



Фиг. 6 rpm-v характеристика

3 – Ултразвуков сензор.

Ултразвуковият (фиг. 7) е другият сензор (освен светлинния), който дава зрението на робота. Ултразвуковият сензор позволява на робота да вижда и да улавя обекти. Също така може да се използва за избягване на препятствия от робота, за измерване на разстояние, както и за улавяне на движение.

Таблица 1: Характеристика на електродвигателите, измерена при товар

Напрежение	Усукващ момент	Ротационна скорост	Ток	Мех. мощност	Ел. мощност	к.п.д.
4,5 V	16.7N.cm	33 rpm	0,6 A	0,58 W	2.7 W	21.4 %
7 V	16.7N.cm	82 rpm	0,55 A	1.44 W	3.85 W	37.3 %
9 V	16.7N.cm	117 rpm	0,55 A	2.03 W	4.95 W	41 %
12 V	16.7N.cm	177 rpm	0,58 A	3.10 W	6.96 W	44.5 %

Ултразвуковият сензор измерва разстояние в сантиметри и инчове. Може да мери разстояния от 0 до 255 сантиметра с точност до +/- 3 см.

Фиг. 7 Ултразвуков сензор

Фиг. 8 Тактилен сензор

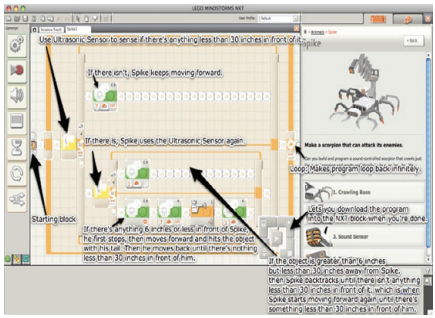
Ултразвуковият сензор работи на същия принцип както при прилепите: измерва разстояние чрез пресмятането на времето, за което звукова вълна се удря в обект и се връща. Големи обекти с твърди повърхности предизвикват най-добрите отчитания. Обекти, направени от мека материя, както заоблени или много тънки или малки, могат да бъдат трудни за откриване от сензора. Два или повече сензора, работещи в едно и също помещение, могат да си влияят и да се пресичат отчитанията им.

4 – Тактилен сензор.

Тактилният сензор (фиг. 8) прави робота чувствителен към допир. Сензорът отчита, когато е натиснат или когато отново е освободен.

5 – Звуков сензор.

Фиг. 9 Звуков сензор



Фиг. 10 Модул на Labview за Mindstorms

Звуковият сензор (фиг. 9) може да измерва както децибели (dB), така и нагласени децибели (dBA). При измерването на dBA чувствителността на сензора е нагодена като чувствителността на човешкото ухо. С други думи ще „чува" звуците, които ние хората чуваме. При измерването на dB се измерват всички звуци.

Звуковият сензор може да измерва звуково налягане до нива от 90 dB. Нивата

на звуковото налягане са доста сложни, затова отчитанията от звуковия сензор на MINDSTORMS NXT се показват в проценти (%).

Движенията на робота са като на истински скорпион. Измерва дистанция между него и обекта пред него чрез ултразвуковия сензор. Ако то е по-голямо от 75 см роботът продължава напред. Ако обекта е по близо от 75 см роботът отново прави измерване. Ако и тогава е по близо тръгва назад, докато обектът не е на поне 75 см разстояние. Ако е обектът е прекалено близо, на разстояние 15 см го удря с жилото, на което е поставен тактилния сензор.

Програмирането на робота се осъществява, чрез модул на Labview за програмиране на MINDSTORMS NXT (фиг. 10). Labview е продукт на National Instruments, създаден за обучение на Лего MINDSTORMS. Специално за Лего са създадени възможности за визуално конфигуриране и управление на NXT с помощта на джойстик или клавиатура. Дава възможност за графично конфигуриране и тестване на моторни и сензорни връзки. Осигурява лесен достъп и анализиране на данните събрани от NXT блока.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представеният робот Скорпион позволява да се покаже едно много интересно от инженерна гледна точка придвижване, каквото е 6-кракото. Създадените конструкция и програма за управление могат да бъдат използвани в работата със студентите при използване на Лего комплектите.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dave Astolfo, Mario Ferrari, Giulio Ferrari, Building Robots with Lego Mindstorms NXT, Elsevier Inc, ISBN-13:9781597491525, 2007.

[2] Michael Casperi Labview for Lego Mindstorms NXT, National Technology and Science Press, ISBN 978-1-934891-03-2, 2008.

[3] Michael R.W. Dawson, Brian Dupuis, Michael Wilson, From bricks to brains. The Embodied Cognitive Science of Lego Robots, Athabasca University, 2010.

За контакти:

Калоян Иванов, фак. № 041127, специалност Индустриално инженерство, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: kaloian85@gmail.com

Маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Разработване на мобилен робот с LEGO

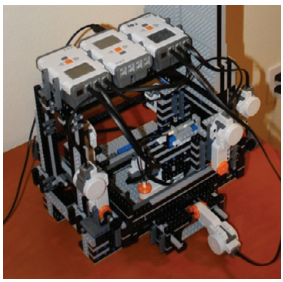
автор: Асен Младенов
научен ръководител: Чавдар Костадинов

LEGO MINDSTORMS е система за създаване на програмируеми роботи. Тя е многофункционална, лесна за боравене, достъпна като хардуер и софтуер. Създаването на модели с нея е забавно и приятно, система е много подходяща за използване като инструмент за обучение, както на ученици, така и на студенти в сферата на роботиката. Много е подходяща за унагледяване на реални машини, изследвания и опити. Могат да бъдат направени разнообразни конструкции и модели на различни машини и съоражения. Чрез нея могат да бъдат направени реално работещи модели на мобилни роботи, конструкции на задвижвания, механични устройства, поточни линии, дори цели мини заводи и много други. Всичко зависи от въображението с което разполагаме и това какво искаме да постигнем.

На следващите фигури са показани различни конструкции на роботи сглобени със системата LEGO MINDSTORMS.

Фиг.1. Хуманоид

Фиг.2. Манипулационен робот с хващач

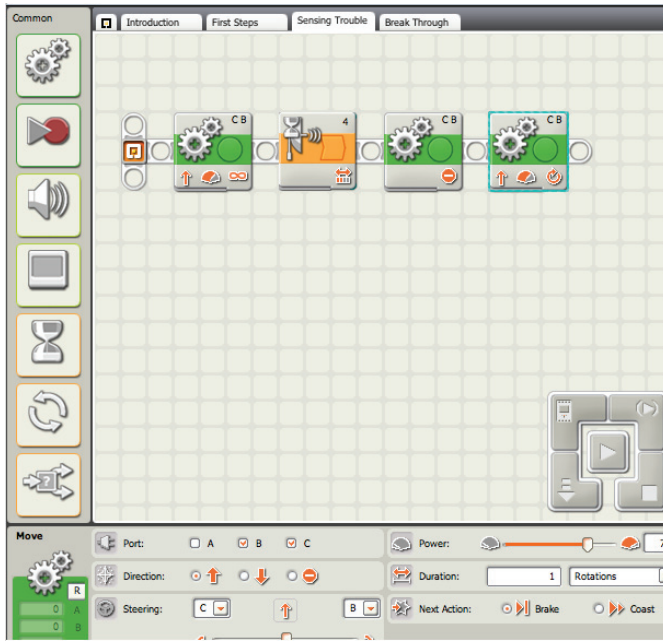


Фиг.3. 3D Printer

Направената конструкция описана по надолу е на мобилен робот с верижно задвижване (вседеход) наречен LEGO-Танк. Робота се управлява от малък компютър към, който можем да свържем до 3 серво мотора и до 4 сензора. Малкия компютър, наречен **NXT Intelligent Brick** (фиг.4.) разполага с 32 битов микроконтолер, който има 256 KB флаш и 64KB RAM памет. Има и още един 8 битов микроконтролер, bluetooth адаптер и говорител. Той е мозъка на робота в него, чрез програмиране можем да зададем програма, която да управлява датчиците и моторите. Така ще съживим робота.

Фиг.4. NXT Intelligent Brick

Лего предлагат програма на базата на **Labview**, с която по достъпен начин можем да програмираме нашия робот. Интерфейсът на програмата е показан на фиг.5.

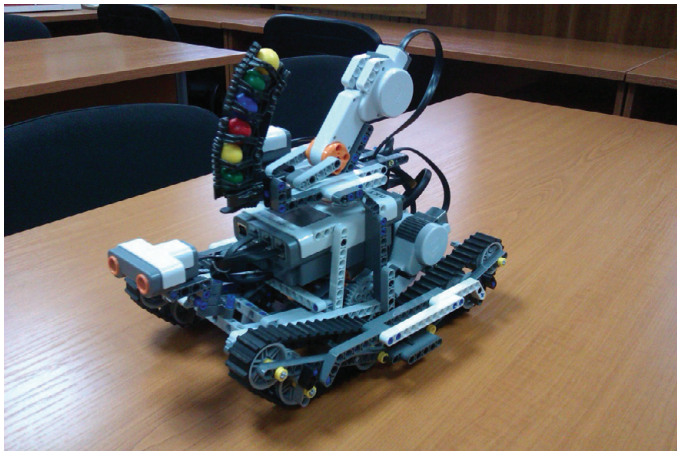


Фиг.5. Labview за LEGO MINDSTORMS

Също така от лего предоставят отворен код за разработчици и програмисти Software Developer Kit, Hardware Developer Kit и Bluetooth Developer Kit за

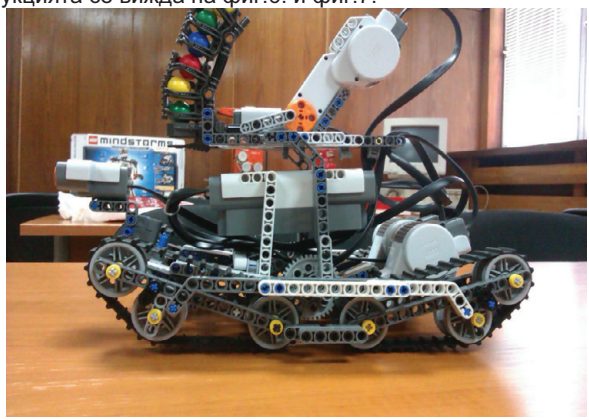
разработване на програми, датчици, елементи и друго свързано с системата LEGO MINDSTORMS.

LEGO-Танк



Фиг.6. LEGO-Танк

Мобилният робот използва за движението си два серво мотора, които задвижват вериги. На робота са поставени също и един механизъм испълняващ ролята на оръдие, което стреля с топчета, ултразвуков сензор, с който разпознава обекти и светлинна индикация. Има и звукова сигнализация от говорителя на компютъра. Светлинната индикация и звуковата сигнализация отговарят на действията на робота, те служат за предупреждение на това, което ще направи робота. Конструкцията се вижда на фиг.6. и фиг.7.

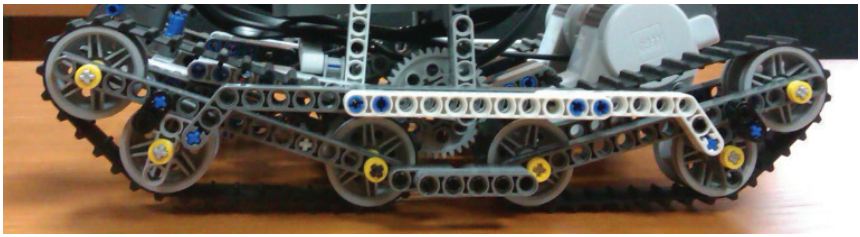


Фиг.7. LEGO-Танк

Мобилния робот е изграден върху шаси (от което част са и моторите) към него са сглобени останалите части. От страни към него се сглобяват веригите. Върху шасито са разположени управляващия компютър, оръдието, ултразвуковия сензор и светлинната индикация. Цялата конструкция е направена от LEGO елементи. Използвани са 16 колела, 4 вериги, 3 серво мотора, 6 зъбни колела, 1 управляващ компютър, 1 ултразвуков сензор, 1 сензор за разпознаване на цветове, 5 кабела за свързване и още около 250 други елемента.

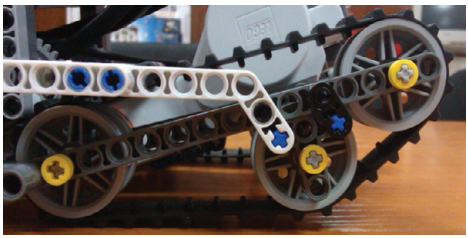
Задвижването е верижното, то прави машината по-бавна, но за сметка на това е по-маневрена и лесно преодолява неравности и препятствия.

На следващите фигури е показано отблизо задвижването.



Фиг.8. Задвижване

Фиг.9. Разположение на мотора



Фиг.10.Верига

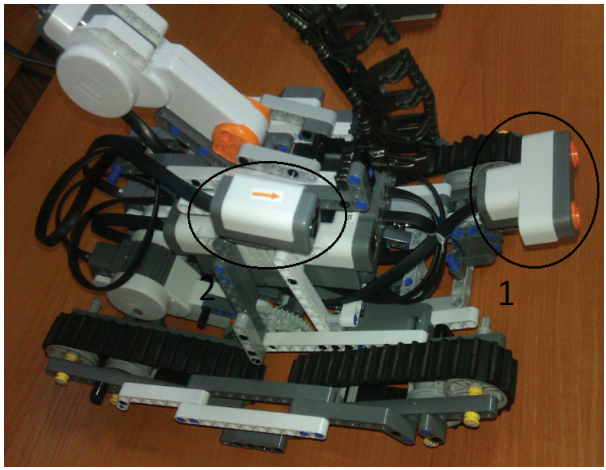
Всяка страна на машината всъщност има по 2 вериги (Фиг.8.) за да се задвижват и двете са поставени зъбни колела, по едно към колело на всяка от веригите. Движението се предава от зъбно колело поставено в средата на конструкцията, това се вижда на Фиг.8. и Фиг.9.

Серво мотора е свързан с ос към колело от веригата, което се задвижва директно от мотора, между него и колелото на оста е разположено и зъбно колело което задвижва другата верига. На Фиг.9. се вижда как мотора предава въртенето към едно от колелата на веригата. То завърта веригата, а другите две колела я подържат опъната (фиг.10). Те придават и подходяща форма, която спомага за преодоляване на препятствия.

На следващата картинка (фиг.11.) можем да видим разположението на датчиците. Показаната конструкция използва само два сензора ултразвуков (1) и сензор за разпознаване на цветове (2). Сензорите, както и моторите, се свързват посредством кабели към компютъра.

С ултразвуковия сензор робота разпознава обекти, сензора се настройва програмно и когато в обхвата му попадне обект се реализира съответна команда от програмата. Робота спира и съобщава, че е засякъл обект след това стреля по

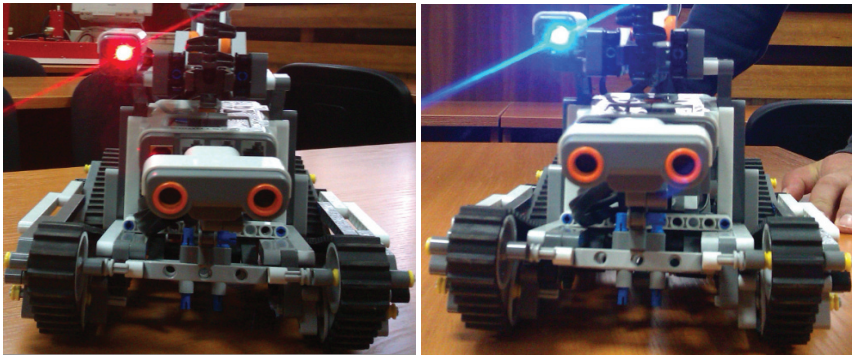
обекта и продължава движението си, ако обекта не е помръднал (не се отстранил от зоната пред ултразвуковия сензор) робота продължава да повтаря действието си, предупреждава – стреля.



Фиг.11.Разположение на датчиците (1)-ултразвуков, (2)-за разпознаване на цветове

Втория сензор се ползва не като сензор, а като светлинна индикация. Робота разполага с възможността да светват 3 различни цвята, като всеки един означава различно действие което робота изпълнява. Цветовете са:

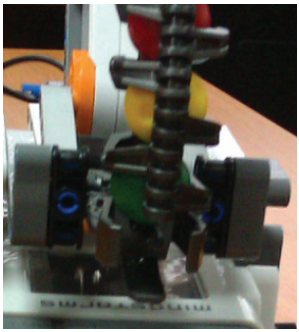
- Зелен – когато свети този цвят робота се движи в кръг и търси обект;
- Син – този цвят сменя зеленото, когато робота е открил обект;
- Червен – с него се предупреждава, че робота стреля.



Фиг.12. Светлинна индикация

Могат да се поставят и други сензори, също да се свържат и още контролери, като към 1 контролер могат да се свържат до 4 сензора.

Така наречената оръдие на робота стреля с пластмасови топчета. Това става, като се използва един серво мотор, който посредством механизма на фиг.13. и фиг.14. след един оборот на мотора избутва топчетата от елемента, който случи като пълнител за топчетата. В долната част на този пълнител има отвор. Този отвор е с по-малък размер от диаметъра на топчетата, това създава съпротивление, от което се получава съпротивление. След като мотора се завърти и направи един оборот свързания към него механизъм натисне силно топчето и преодолява съпротивлението, като топчето се изстрелва.



Фиг.13.Изстрелващ механизъм

Фиг.14. Изстрелващ механизъм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е конструкция на мобилен верижен робот с уникално решение на задвижването – две двойки вериги, задвижвани от по един сервомотор. Изпълнителният механизъм на робота е свързан с предназначението му – изстрелващ механизъм, който изстрелва малки топчета по предварително открита и локализирана цел.

Предимство на комплектите LEGO е по-лесното програмиране, поради опростената програмата за програмиране на NXT блока, който от своя страна управлява серводвигателите и сензорите.

ЛИТЕРАТУРА

[1] envi.hit.bg/**Lego_Mindstorms**_NXT.doc
[2] http://mindstorms.lego.com

За контакти:

Асен Младенов, фак. № 091157, специалност Индустриално инженерство, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев".

Маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Разработване на мобилен робот тип LEGO

автор: Любомир Яковлев
научен ръководител: Чавдар Костадинов

Development of a mobile robot type LEGO: In this paper will represent mobile robot type of car. Building car may be difficult because we can thinking about construction, suspension, driven and may be exterior. Programming can be simple or complex depending on how many sensors would use the robot.
Key words: Lego MINDSTORMS, mobile robot, sensors.

ВЪВЕДЕНИЕ

През 1998 година LEGO Group създава серия програмируеми роботи LEGO MINDSTORMS NXT, показана за първи път пред медиите в сегашният си вид през 2006 година. С тази серия на LEGO обучаващите могат да конструират роботи по собствен вкус и идея и да ги накарат да говорят, движат, чуват и виждат. От въвеждането им през 1998 година програмируемите роботи на LEGO MINDSTORMS се превръщат в най – продавания продукт в историята на LEGO Group. Получаващи световно одобрение Robotics Invention System (RIS) те подхранват въображението и задоволява вътрешните нужди на любителите на роботи. LEGO MINDSTORMS NXT прави възможно създаването и програмирането на функциониращи роботи в домашни условия.

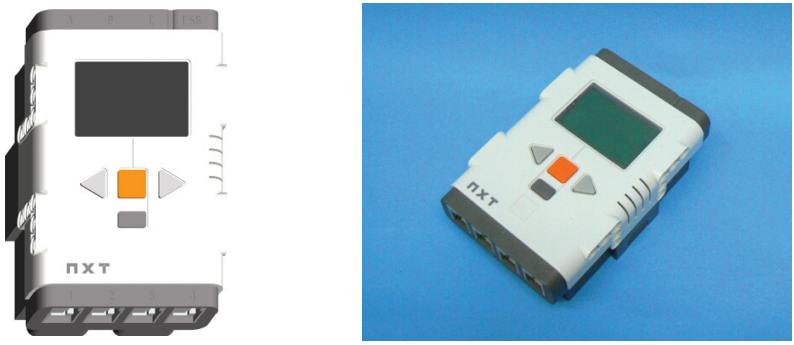
ИЗЛОЖЕНИЕ

Няма нищо не е по-мотивиращо за студентите от една работеща експериментална система. При мобилните роботи от типа LEGO едно от предимствата е, че от идеята за създаването на даден тип робот до самата реализация пътят е много по-кратък в сравнение с другите роботи.

В днешно време колите са навсякъде около нас. Поради това има много голямо разнообразие относно конструкциите, задвижванията, външен вид и т.н. При лесно сглобяемите роботи от типа LEGO могат да се получават много и разнообразни конструкции, задвижвания, външен вид и други. Създателят на такъв тип робот може да получи вдъхновение от много места, както от телевизията и от интернет така и навън на улицата.

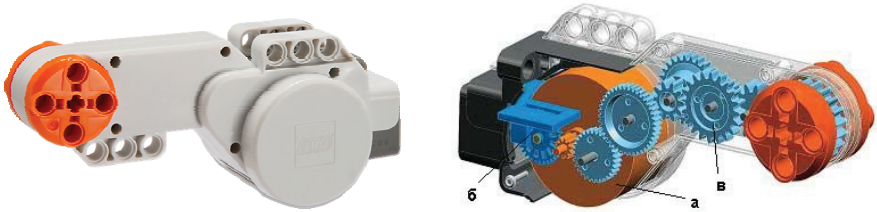
Фиг. 1 Мобилен робот тип LEGO

На фиг. 1 е показан общият вид на мобилният робот тип LEGO от вида колесно превозно средство. В основата стои NXT блока, който е показан в общият си вид на фиг.2, за управлението на серводвигателите и сензорите.



Фиг. NXT блок

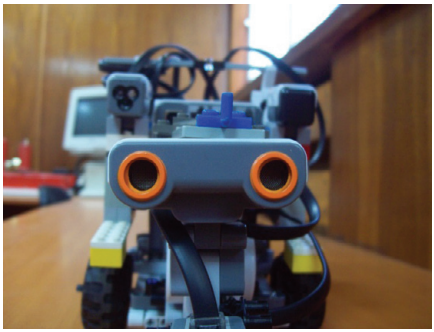
NXT (фиг. 2) има три изхода за свързване на двигателите и четири входа за свързване на сензори. NXT блока има възможност и за създаване на елементарна програма от няколко на брой движения. За прехвърляне на програми от компютър към NXT се използва USB кабел. Може да се използва и безжична Bluetooth връзка, която гарантира връзка до 10 метра.

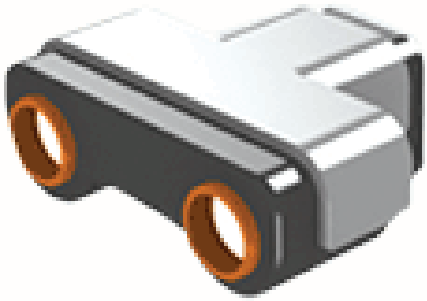


Фиг.3 Серводвигател
а) двигател; б) тахометър; в)редуктор

На фиг. 3 е показан механизмът на серводвигателя. В проекта са използвани два серводригателя, като единият задвижва робота, а другият управлява завиването му. Всеки двигател има вграден ротационен сензор (тахометър). Това позволява да се управлява точно движението на робота. Ротационният сензор измерва завъртането на двигателя в градуси или в пълни завъртания (с точнист до +/- 1°). Вграденият ротационен сензор, също така позволява да се зададат различни скорости на движение.

Ултразвуковият сензор е този, който най-общо казано дава зрението на робота. За да се ориентират роботите, построени от комплектите на LEGO, те използват сензор с ултразвук (фиг. 4) или както се наричат по-често сензор за разстояние. Сензорът за разстояние изпраща ултразвукови вълни, които се отразяват в предметите пред тях и се връщат обратно. Като се знае, че скоростта на звука във въздуха е сравнително постоянна, роботът може да прецени на какво разстояние се намира препятствието и според зададената му програма да реагира.

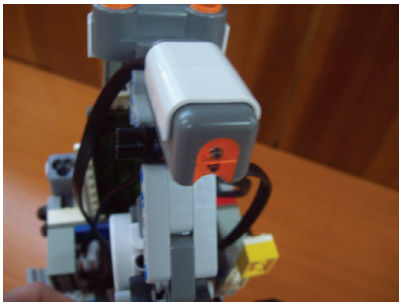




Фиг. 4 Ултразвуков сензор

Сензора компас на LEGO MINDSTORMS е в състояние да измерва магнитното поле на Земята и да изчислява магнитната позиция и да каже коя посока е най-добра за робота. Компасът има вградена калибровка за намаляване на магнитните смущения от други източници. Също така компасът може да се използва и за ориентиране по координати, като роботът се намира в точка А получава координатите за точка Б и се придвижва до нея. В точка Б той получава координатите за следващата точка В и т.н.

Фиг. 5 Сензор компас

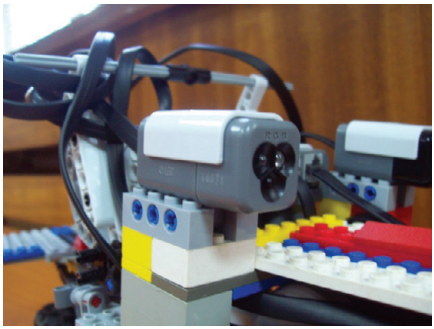


Фиг. 6 Светлинен сензор

а. б.

Фиг. 7 Цветова гама
а) реални цветове; б) това, което вижда роботът, чрез светлинния сензор

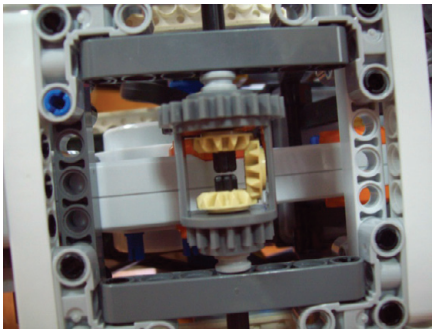
Светлинният сензор подобно на ултразвуковият помага на робота да „вижда". Светлинният сензор дава възможност на робота да прави разлика между светло и тъмно. В проекта светлинният сензор служи за следене на линия (черна линия на бял фон).



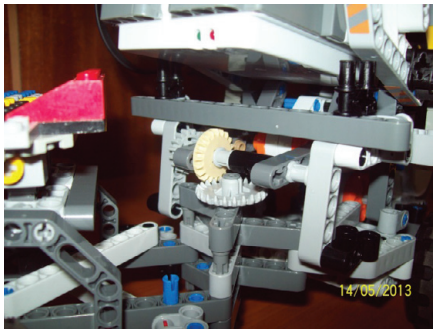
Фиг. 8 Сензор за цвят (RGB сензор)

Сензорът за цвят (RGB сензор) позволява на робота да прави разлика не само между черно и бяло (подобно на светлинният сензор) но и на още гама от шест цвята (фиг. 8). Също така може да открива и отразена светлина от околната среда.

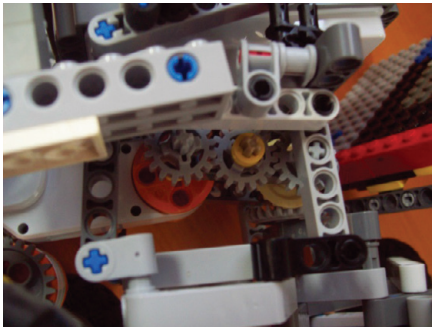
Конструкцията на мобилният робот е изцяло иновативна, задвижването се осъществява посредством диференциал (фиг. 9), а завиването се осъществява от зъбни предавки зацепени под ъгъл от 90° (фиг. 10), като от серводвигателя въртенето се предава чрез последователно зацепени зъбни колела (фиг. 11).



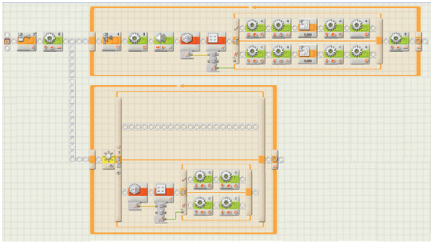
Фиг. 9 Диференциал на мобилен робот тип LEGO



Фиг. 10 Зъбни предавки, осъществяващи завиването на робота



Фиг. 11 Предаване на движението от мотора до ъгловите предавки



Фиг. 12 Примерна програма

Мобилният робот от типа LEGO посредством сензора компас получава координатите на дадена точка и се придвижва до нея. Светлинният сензор се използва за следене на черна линия върху бял фон, а посредством ултразвуковият сензор се отчита дали има препядствия на пътя на робота.

Програмирането на роботите от серията LEGO MINDSTORMS се извършва на специален графичен език за програмиране "Mindstorms NXT – G" (фиг. 12). Чрез този софтуер се програмира NXT блока за управлението на двигателите и сензорите. Самата програма е от така наречения „drag and drop" вид и е дело на National Instruments LabVIEW.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С използването на комплектите на LEGO MINDSTORMS NXT от замисъла на конструкцията на робота до самото му реализиране пътят е много кратък в сравнение с други платформи за роботи. Друго предимство на комплектите LEGO е по-лесното програмиране, поради опростената програмата за програмиране на NXT блока, който от своя страна управлява серводвигателите, сензорите и датчиците.

Представена е конструкция на мобилен колесен робот с уникално решение на механизма за завиване – вместо класическия преден мост с трапец е използвана чупеща се ос, която се намира между предния и задния мостове.

ЛИТЕРАТУРА

[1] envi.hit.bg/**Lego_Mindstorms**_NXT.doc
[2] http://mindstorms.lego.com
[3] http://robopartans.com

За контакти:

Любомир Яковлев, фак. № 091151, специалност Индустриално инженерство, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: gkovlev_j@abv.bg

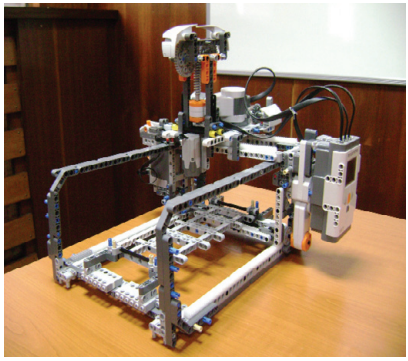
Маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Разработване на три координатна фрезова машина тип LEGO

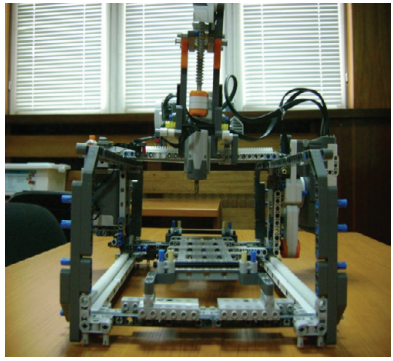
автор: Ивайло Георгиев
научен ръководител: Чавдар Костадинов

Конструктивен вариант на три координатна фрезова машина тип Lego

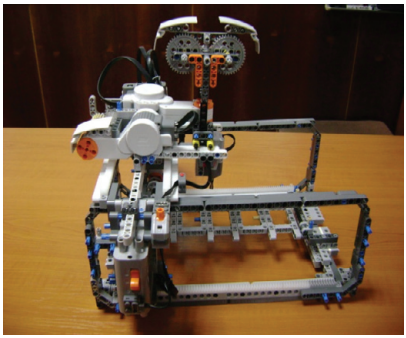
Възможността да се програмират и очувствяват роботите [1] прави интереса към тях още по-голям. Lego прави възможно реализирането на различни видове автоматични системи, като например различни модели на стругови, фрезови копирни и други видове машини.



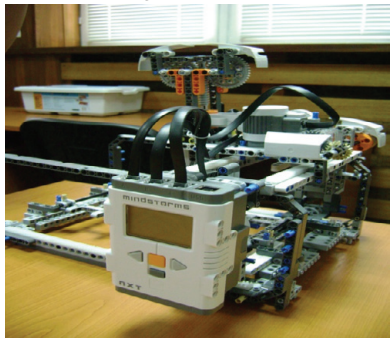
а



б



в

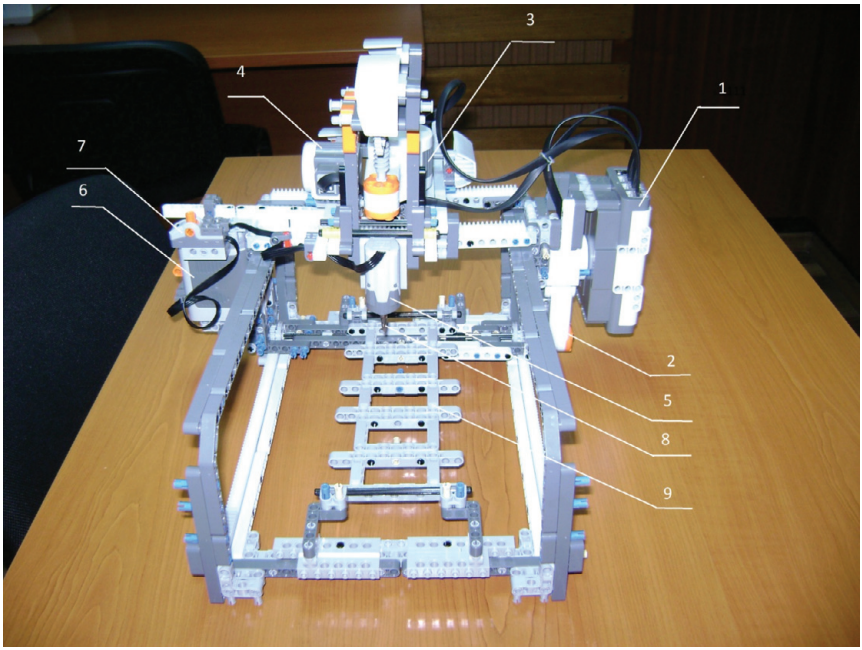


г

Фиг. 1. Общ вид на фрезовата машина

На фигура 1 (а, б, в, г) е показан общият вид на трикоординатната фрезова машина изградена от система Lego.

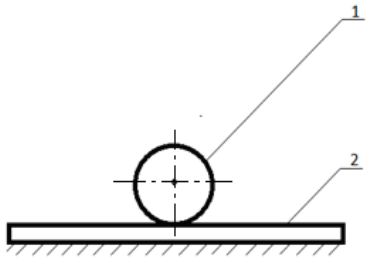
Избран е вариант, в който движенията по трите оси се извършват от работния инструмент. Този тип компоновка е избран, поради съображения от възможност за огъване или претоварване на зъбните предавки от тежестта на заготовката.



Фиг. 2 Основни елементи на фрезовата машина

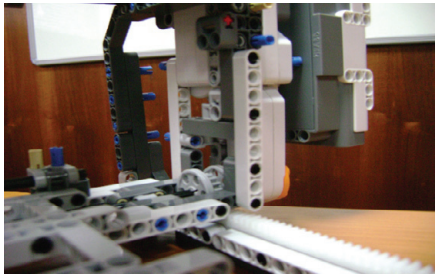
1. NXT контролер; Серво двигател задвижващ ос Y; Серво двигател задвижващ ос Z; Серво двигател задвижващ ос X; Серво двигател осъществяващ въртене на инструмента; Захранващ блок на (5); Превключвател, регулиращ посоката на въртене на инструмента; Работен инструмент (челно-цилиндрична фреза 5); Работна маса

Задвижване по ос Y
- Схема на задвижването



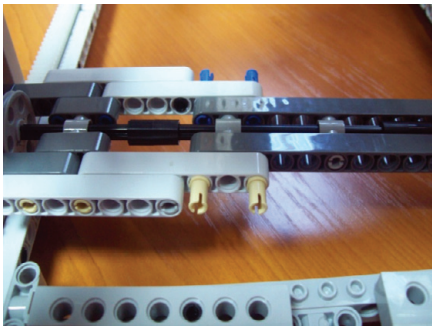
Фиг. 3 Схема на задвижването

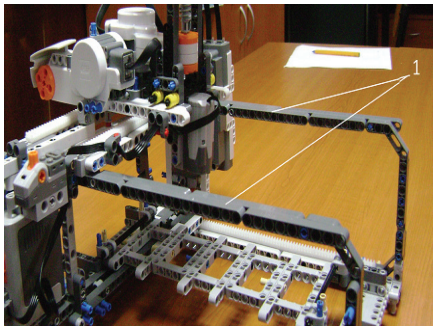
1 – зъбно колело, задвижвано директно от електро двигателя;
2 – зъбна рейка, която е неподвижно закрепена



Фиг. 4 Задвижваща система на ос Y

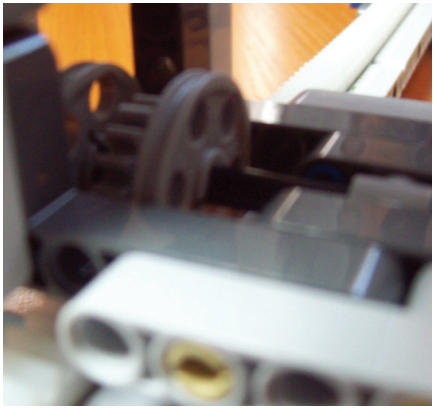
Задвижването се реализира от серво двигател, който предава движение, чрез зъбно – рейкова предавка [2]. Рейката е закрепена неподвижно за конструкцията, двигателя предавайки въртящ момент на зъбното колело то започва да се придвижва по права линия. Зъбно рейковите предавки по ос Y са две, разположени успоредно една на друга през определено разстояние. Това се налага, за да се избегне усукване на конструкцията при движение. Задвижването от двигателя към двете зъбно – рейкови предавки става посредством вал зацепен с двете зъбни колела. Поради голямата дължина, и това че задвижването се осъществява от един двигател разположен от едната страна на конструкцията има опасност от огъване на вала, което ще доведе до неправилна работа на цялата система задвижваща ос Y. За да се избегне подобна ситуация е направена конструкция, в която са разположени втулки, през които преминава вала. При въртенето на вала те не позволяват никакво изкривяване или огъване.





Фиг. 5 Задвижващ вал на ос Y Фиг. 6 направляващи на ос Y

Направляващите по ос Y са са също две успоредни една на друга разположени над зъбно-рейковите предавки, осигуряващи движение по Y. Друг тип направляващи са използвани, за да се избегне евентуално отцепване на зъбно-рейковата предавка. Те са поставени в непосредствена близост от зъбните колела. Техният диаметър е по-голям от този на зъбните колела, по тази начин те не позволяват аксиално преместване на зъбните колела и от там да се получи проблеми със движението по оста.



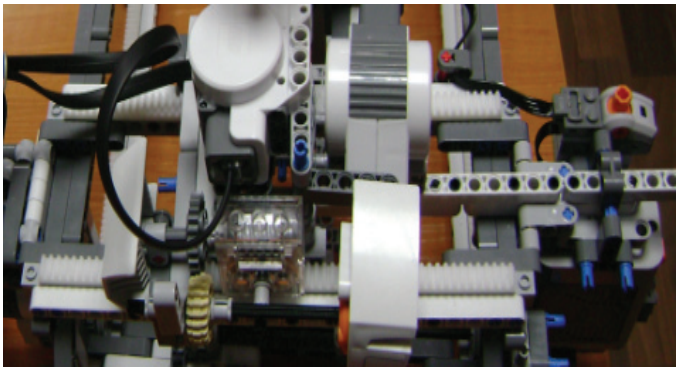
Фиг. 7 Ограничителни колела за странично изместване

Ограничителните колела са с диаметър по – голям от този на зъбното колело. Те са поставени на задвижващия вал от двете страни на зъбното по този начин обхващат цялата зъбно – рейкова предавка и не позволяват странично преместване.

Задвижване по ос X

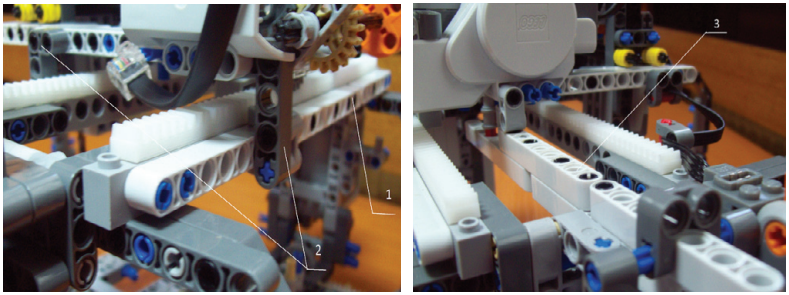
Задвижването по ос X е установено върху направляващите линейните направляващи на ос Y. Направлението на двете оси е перпендикулярно една на друга. Конструкцията също както при Y е съставена от две зъбни рейки, които са успоредно разположени.

Един серво двигател изпълнява задвижването по оста посредством набор от определени предавки. Те са: зъбна, червячна и зъбно-реечна, като от едната зъбно-реечна предавка посредством вал се предава движение и на другата. Също както при другата ос това сдвояване на зъбно-реечната предавка помага да се избегне усукване при движение. Червячната предавка тук е използвана, защото има кръстосване на осите от 90^{o}.



Фиг. 1. 8 Конструкция на ос X

При ос X са използвани линейни направляващи и щифтове за ограничаване на странично преместване. Ходът в сравнение с този по Y е по – малък, но точността е по – голяма, защото е използвано по сложна предавка осигуряваща голяма точност при преместване.



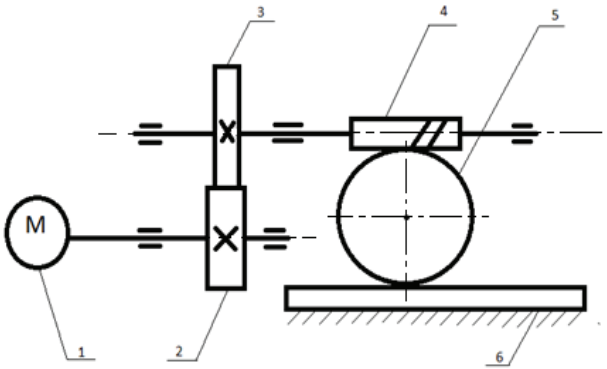
а б

Фиг. 9 Направляващи на ос X

На фиг. 9 (а и б) са показани направляващите на ос X. С позиция 1 е отбелязано едната от направляващите, тази от страната на задвижването на оста. С позиция 2 е показано закрепване на подвижната част към неподвижната, позволяваща движение само по направление на оста.

С позиция 3 е показано направляваща, която е подвижна в конкретния случай, тя не позволява конструкцията на ос X да се усуква при движение.

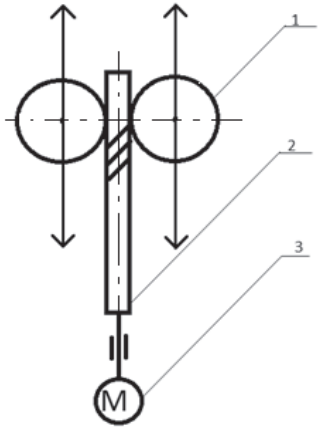
- **Схема на зъбните предавки**



Фиг. 10 Схема на за1движващия механизъм

- Серво двигател
- Задвижващо зъбно колело
- Задвижвано зъбно колело
- Червячен винт
- Червячно колело
- Зъбна рейка

Задвижване по ос Z
- Схема на задвижването



Фиг. 11 Схема на задвижването
1 – зъбни колела неподвижно закрепени; – червячен винт; – електро двигател

Движението по ос Z се изпълнява от един серво двигател, който предава въртене към червячен винт захванат така, че да извършва само въртено около оста си. Подвижната част представлява конструкция, която в едония край е захванат четвъртият двигател осигуряващ въртенето на работния инструмент, а в другия са поставени две зъбни колела неподвижно закрепени, между които преминава червячния винт. По този начин, когато се завърти винта се премества конструкцията по ос Z.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предимство на комплектите LEGO е по-лесното им програмиране, поради опростената програмата за програмиране на NXT блока, който от своя страна управлява серводвигателите и сензорите. Представената конструкция на фрезова машина може да бъде използвана при обучението на студентите в лаборатория „Автоматизация и роботизация на производството".

ЛИТЕРАТУРА

[1] envi.hit.bg/**Lego_Mindstorms**_NXT.doc
[2] http://mindstorms.lego.com

За контакти:
Ивайло Георгиев, фак. № 091155, специалност Индустриално инженерство, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: ivaylo_georgievv@mail.bg
Маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Разработване на мобилен робот тип LEGO

автор: Валентин Михов
научен ръководител: Чавдар Костадинов

Development of a mobile robot type LEGO: This document will be a mobile robot line follower type. Programming can be simple or complex depending on how many sensors will use the robot. Keywords: Lego MINDSTORMS NXT mobile robot.

ВЪВЕДЕНИЕ

През 1998 година LEGO Group създава серия програмируеми роботи LEGO MINDSTORMS NXT, показана за първи път пред медиите в сегашният си вид през 2006 година [1]. С тази серия на LEGO обучаващите могат да конструират роботи по собствен вкус и идея ,и да ги накарат да говорят, движат, чуват и виждат. За целта в комплекта е включен специален 32 – мегабитов процесор на LEGO, който може да бъде свързан с компютър чрез Bluetooth или USB кабел за пренос на данни. След това роботът става напълно автономен, освен това той може да бъде управляван посредством мобилен телефон или PDA устройство.

Фиг. 1. Мобилен робот тип LEGO

LEGO MINDSTORMS NXT прави възможно създаването и програмирането на функциониращи роботи в домашни условия. Едновременно с това, новите технологии и увеличените възможности на сензорите разширяват нивото на сложност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Невъзможно е да се изучават, изследват и откриват закономерности само като се четат на книга. Нищо не е по – мотивиращо за студентите от една работеща експериментална система. При мобилните роботи от типа LEGO едно от

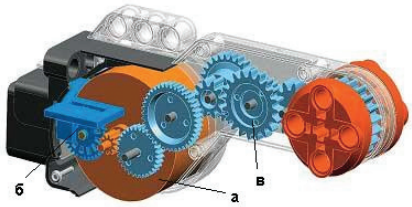
предимствата е, че от идеята за създаването на даден тип робот до самата реализация пътят е много по – кратък в сравнение с другите роботи.

За разработката на представеният мобилен робот на фиг.1 са използвани описаните по – долу елементи. Той е с оригинална манипулационна система и е предназначен да следва линия. Мобилната платформа се състои от шаси, което се задвижва от две колела с независимо задвижване и трето опорно подвижно колело зад тях. Следенето на линия се осъществява с помощта на един светлинен сензор, който е разположен в предната част на робота.

На фиг. 1 е показан общият вид на мобилният робот тип LEGO. В основата стои NXT блока, който е показан в общият си вид на фиг.2, за управлението на серво двигателите и сензорите.

Фиг. 2. NXT блок

NXT (фиг. 2) има три изхода за свързване на двигателите (A, B и C) и четири входа за свързване на сензори (1, 2, 3 и 4). За прехвърляне на програми от компютър към NXT блока или за прехвърляне на данни от робота към компютър се използва USB кабел. Може да се използва и безжична Bluetooth връзка, която гарантира връзка до 10 метра.



Фиг.3. Серво двигател
а) двигател; б) тахометър; в) редуктор

На фиг. 3 е показан механизмът на серво двигателя. В проекта са използвани два серво двигателя, които задвижват колелетата на робота. Движението от електромоторите към колелата се предава директно, без редукция. Двигателите имат вграден ротационен сензор (тахометър). Това позволява да се управлява точно движението на робота. Ротационният сензор измерва завъртането на двигателя в градуси или в пълни завъртания (с точност до +/- 1°). Вграденият ротационен сензор, позволява да се зададат различни скорости на движение.

Фиг. 4. Светлинен сензор

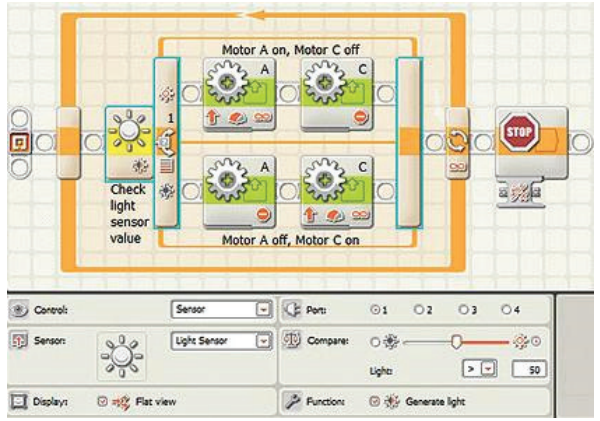
Светлинният сензор подобно на ултразвуковият помага на робота да „вижда". Светлинният сензор дава възможност на робота да прави разлика между светло и тъмно, както и определяне на интензитета на светлина в стаята или интензивността на светлината в различните цветове. В проекта светлинният сензор служи за следене на линия (черна линия на бял фон).

ПРОГРАМИРАНЕ НА РОБОТА

Програмирането на роботите "LEGO Mindstorms" се извършва на специален графичен език за програмиране "Mindstorms NXT-G", който съчетава стандартни програмни примитиви (променливи, конструкции за управление, цикли, паралелност и други) с API за вход от сензорите на робота (разпознаване на цветове, разстояние, звукови сигнали и други) и управление на изходната периферия (звук, светлини и други). Оригиналната версия, която предимно се използва в LEGO е „Булева логика" отразената светлина т.е. се прави разлика между черно (линията) и бяло (на пода) [2].

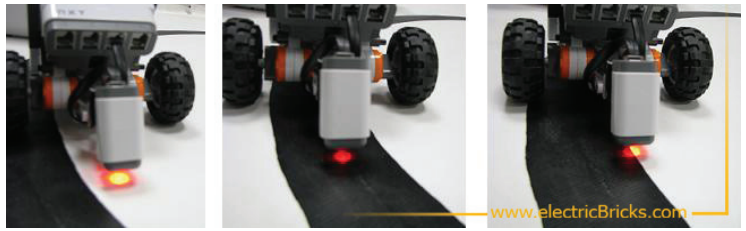
Всеки път, когато сензорът за светлина е над черната линия, левият мотор се активира, което означава „робот завий надясно". Когато сензорът е на бяла повърхност, десният двигател е активиран и роботът завива наляво. По този начин, роботът следва линията или общо казано, следва границата между черно и бяло.

В случая се използва Fuzzy Logic вариант, при който не само се прави разлика между черно и бяло, но и се разглеждат различни степени на сивото. Ако сензорът е точно на границата, той ще „вижда" цвят, който е между черно и бяло. Колкото повече сензора получава информация по линията за черно, възприема най-черното. От друга страна, сензора получава бял цвят по повърхността, по-бялото се възприема. Това се нарича размита логика, тъй като ние не смятаме абсолютни състояния (Булева логика - "Черно и бяло"). По този начин не се ограничават движенията (наляво – надясно), а може да се превърне по – надясно (цвят черно) или по – наляво (цвят бяло). По този начин дори и на цветна граница, роботът ще продължи напред.



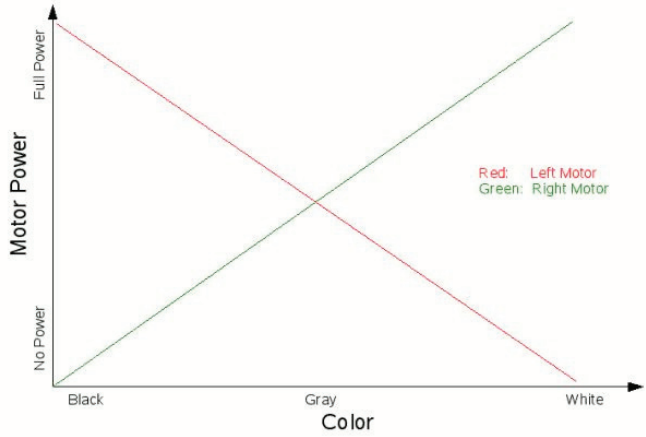
Фиг. 5 Примерна програма (Булева логика)

Пример (фиг. 6):



Фиг. 6

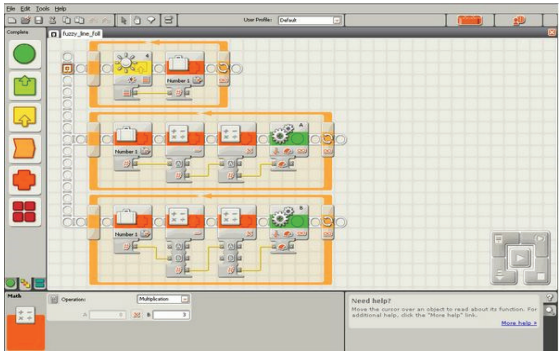
За постигане на тази цел, левият и десният мотор са контролирани съгласно схемата на фиг. 7



Фиг. 7

ПРИЛАГАНЕ В NXT-G CODE

Приложен в NXT-G код, програмата изглежда по начина показан на фиг.8:



Фиг.8

Програмата се състои от три цикъла. Първият цикъл чете текущата стойност отразена светлина и го съхранява в променлива наречена "Номер 1". Втората и третата управляваща верига на левия и десния двигател.

Отразеният светлинен сензор дава стойност между 0 и 100% .Типична стойност за черна повърхност е около 20%и за бяла повърхност около 60% .Тези стойности зависят от околната среда на подходящи условия и разстоянието на сензора от повърхността. Моторът има мощност, както е на стойност между 0 и 100% .

За да се получат сигнали за команди, както е описано в схемата, следните изчисления трябва да бъдат направени:

A_Power = (Sensor_Value-Black_Value) * Speed_Factor

B_Power = (White_Value-Sensor_Value) * Speed_Factor

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена е конструкция на мобилен триколесен робот следящ черна линия на бял фон. Показани са нови възможности за програмиране на управляващия блок с използване на вариант на Fuzzy Logic за LEGO MINDSTORMS NXT.

ЛИТЕРАТУРА

[1] http://mindstorms.lego.com
[2] http://robopartans.com

За контакти:

Валентин Михов, фак. № 091146, специалност Индустриално инженерство, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: valentin_d_mihov@abv.bg

Маг. инж. Чавдар Костадинов, Катедра "Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 742, e-mail: chkostadinov@uni-ruse.bg

Якостно-деформационно изследване на ролков стенд за измерване на спирачна ефективност

автор: Ивайло Борисов
научен ръководител: д-р Юлиян Ангелов
консултант: маг. инж. Валерий Машев

Якостно-деформационно изследване на ролков стенд за измерване на спирачна ефективност: *В разработката е представен механо-математичен модел на ролков спирачен стенд за измерване на спирачната ефективност на пътно превозните средства. Съставени са програми за якостно-деформационното изследване на модела. В средата на MATLAB са проведени числени експерименти за анализ на напрегнатото и деформирано състояние на изследвания обект. Получените резултати са графично представени и анализирани.*

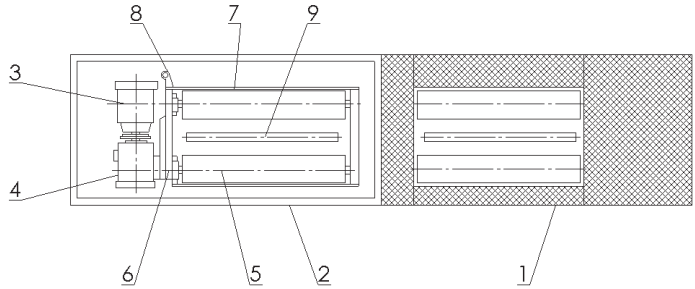
Ключови думи: *спирачен стенд за измерване на спирачната ефективност, механо-математичен модел, числени експерименти, якостно-деформационен анализ.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Отказите и неизправностите в спирачните системи могат да доведат до произшествия с особено тежки последствия. Анализът на автотранспортните произшествия по технически причини показва, че най-голям относителен дял имат произшествията, възникнали поради неизправна спирана уредба.

Поддържането в техническа изправност на спирачната уредба е от голямо значение за безопасността на движението и е обект на специални мерки, които имат за цел да предотвратят отказите и своевременно да открият и отстранят възникналите неизправности, да гарантират високо ниво на експлоатационна надеждност.

Съществуващите стендове за контрол на спирачната уредба се класифицират [2, 4] по принципа на действие като динамични, кинетични и статични. Най-широко разпространение в практиката имат ролковите (барабанни) стендове (фиг. 1) за статична проверка на спирачната система. Прилагат се за диагностика на мотоциклети, леки автомобили и товарни с тегло до 3,5 тона с обхват на измерване на спирачното усилие до 10 kN и за товарни автомобили с обхват на спирачните сили до 40 kN. При тях спирачните сили се определят поотделно за всяко колело на една ос на автомобила по големината на въртящия момент, възникваш върху барабаните за задвижване на колелата при задействане на спирачките. Честотите на въртене на колелата при тези стендове отговарят на скорости на автомобила 2-5 km/h и се задвижват от електродвигател.



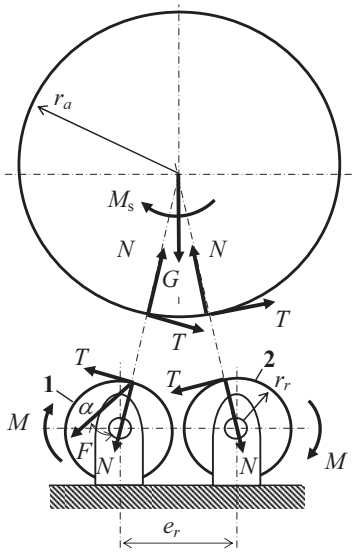
Фиг. 1 Схема на барабанен стенд за контрол на спирачната система: 1- дясна част; 2- лява част; 3 - електродвигател; 4 - редуктор; 5 и 7 ролки; 6 - верижна предавка; 8 – динамометър; 9 ролка за изключване на задвижването при блокиране на колелата.

Проверките [3] с барабанните стендове се извършват при режим на спиране, при който спирачните сили не предизвикват блокиране на колелата. Блокирането на колелата е нежелано, защото ролките могат да повредят гумите. За предпазване от блокиране на колелата стендовете са снабдени със сигнализационни уредби или системи за автоматично изключване на електрозадвижването.

Независимо от вида на стенда основните изисквания които се предявяват към тях са свързани с точността и надежността на измерване. В специализираната и лицензирана фирма за измервателни средства ЕТ „B-V-M-Валерий Машев", е в ход изработването на прототип на ролков стенд за измерване на спирачната ефективност. Дейността в тази насока се ограничава от обстоятелството, че в специализираната литература липсват резултати за якостно-деформационни изследвания на конструкция, които да дадат отправна точка за осигуряване на оптималност в механичен аспект. В настоящата разработка са проведени числени експерименти за изследване на основни механични характеристики с отчитане на специфичните особености на предназначението им в условията на работа.

МЕХАНО-МАТЕМАТИЧЕН МОДЕЛ

Механо-математичният модел се построява за случая на отчитане на максималното спирачно усилие на спирачната система на автомобила. Това става в момента в който процеса на взаимодействие преминава от състояние на търкаляне без плъзгане в относително преплъзване на контактуващите повърхнини на гумата и ролката при което системата на стенда трябва да изключи подаването на въртящ момент. При тези условности стенда и автомобила се представят като холономна механична система с вътрешни сили на взаимодействие N и T представена на фиг. 2.



Фиг. 2. Изчислителна схема на ролков стенд за измерване на спирачна ефективност

Зоната на контакта между гумата и ролката представлява едностранна връзка определена с посоката на нормалната сила N и силата на триене T. От равновесието на механичната система за силите на взаимодействие между ролките на стенда и гумата на автомобила се получава

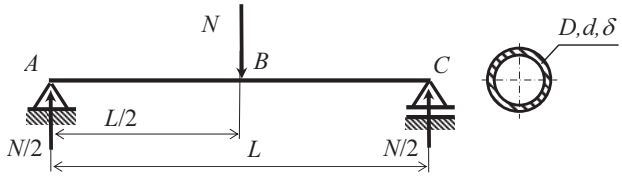
(1) $$N = G\,(\,r_r + r_a\,)\;/\,2\;\;(\,(\,r_r^{\,2} + r_a^{\,2}\,) - e_r^{\,2}\,)^{\,1/2},\; T = \mu_o\, N$$

където G е половината на теглото на оста на измервания автомобил, μ_o е коефициента на триене при стремеж за плъзгане, а r_r, r_a и e_r са геометрични параметри от схемата на процеса.

В процеса на измерване на спирачната ефективност силата на триене T е с променлива големина, което води и до изменение на големината и посоката на равнодействащата

(2) $$F = (\,N^2 + T^2\,)^{\,1/2},\; \alpha = \mathrm{arctg}\,(\,T / N\,).$$

Предпоставката за съсредоточено натоварване в средата на ролката по дължина е допустима, тъй като това не води до съществена промяна в изследваното механично състояние. Поради симетрията в напречното сечение на ролката и при пренебрегване на собственото й тегло изчислителната схема се представя опростено като греда закрепена в двата края с неподвижна и подвижна става фиг. 3.



Фиг. 3. Изчислителна схема на ролката на стенда

КРИТЕРИИ ЗА КАЧЕСТВО

Ролката е подложена на специално напречно огъване, като тангенциалните напрежения са пренебрежимо малки спрямо нормалните [1]. При тези предпоставки за максималните нормални напрежения в равнината на натоварване получаваме

(3) $$_{\max}\sigma = \;16\,N\,L^3 / \pi\,D^3\;\;(\,1 - d^4 / D^4\,),$$

където D, d и L са съответно външния, вътрешния диаметъри и дължината на ролката.

От уравненията на еластичната линия [1] за максималните премествания на ролката в равнината на натоварване се получава

(4) $$_{\max}w = 4\,N\,L^3 / 3\,\pi\,E\,D^4\;(\,1 - d^4 / D^4\,),$$

където E е модулът на Юнг.

Друга характеристика обект на изследването е относителната маса на ролката. За нея се използва зависимостта

(5) $$m = \pi\,\rho\,L\,(1 - d^2 / D^2\,)\;/\;4,$$

където ρ е плътността на материала на ролката.

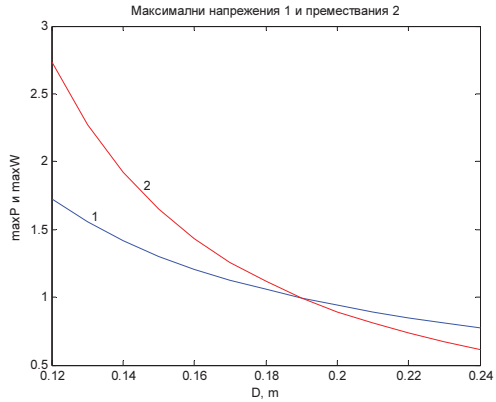
При провеждане на числените експерименти величините (3), (4) и (5) са приведени в безразмерен вид, чрез отнасянето им за техните стойности за прототипа.

Варируеми параметри на изследването са размерите на напречното сечение на ролката D, d и δ, като между тях съществува аналитичната връзка $D = d + 2\delta$.

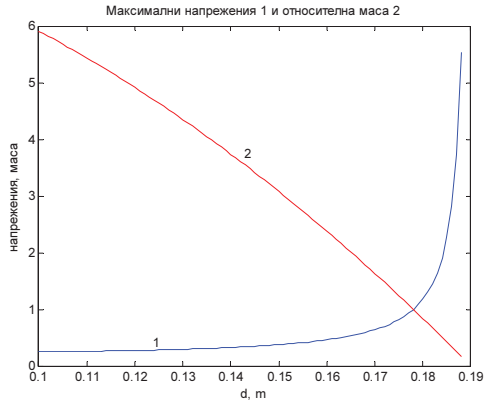
ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДЕЛА И АНАЛИЗ НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Зависимостите (3), (4) и (5) са нелинейни функции от втора, трета и четвърта степен на варируемите параметри. За изясняване влиянието на параметрите върху формулираните показатели за качество са проведени две изследвания с допълнителни ограничения. За целта са съставени съответни компютърни програми, числените експерименти се провеждат в специализираната програмна среда за научни изследвания MATLAB.

Изследването за изменението на максималните напрежения $_{\max}\sigma$ и максималните премествания $_{\max}w$ на ролките на спирачния стенд е проведено в интервала $0{,}12 \le D \le 0{,}24$ в метри за външния диаметър на ролката и от условието за постоянна маса на ролките на прототипа, което води до ограничението $d = (D^2 - 0.0439)^{1/2}$.



Фиг. 4. Изменение на максималните напрежения 1 и максималните премествания 2



Фиг. 5. Изменение на максималните напрежения 1 и относителната маса 2

Резултатите от числения експеримент са графично представени на фиг. 4. Изменението на максималните напрежения е означено с 1, а за максималните премествания с 2. Зависимостите 1 и 2 са сходни и показват еднаква тенденция за изменение в изследвания интервал. Стойностите им при D = 0,19 m са равни на единица и съответстват на нормиращите им големини за прототипа $_{\max}\sigma$ = 37,39 MPa и $_{\max}w$ = 0,133 mm, а за масата на ролката е получено m = 24,335 kg.

Изследването на изменението на максималните напрежения и относителната маса на ролките на спирачния стенд (фиг. 5.) е проведено в интервала $0,1 \le d \le 0,18$ за вътрешния диаметър на ролката без ограничение за дебелината на стената на ролката при постоянен външен диаметър D = 0,19 m на прототипа, с което се гарантират неизменение на габаритите на спирачния стенд. Анализът на резултатите показва наличие на конфликтност при тези критерии за качество, което е предпоставка за формулиране и провеждане на многокритериална оптимизационна задача.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведеното изследване разкрива конфликтност при изменението на максималните напрежения и относителната маса на ролките на спирачния стенд, което мотивира за поставянето на задачата за оптималност на конструкцията като задача на многокритериалното проектиране.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Куюмджиев Х. Н., Й. А. Николов, Н. Станчева, И. Иванов, Ю. Ангелов, В. Боздуганова Ръководство за самостоятелна подготовка по съпротивление на материалите, Русе 2004.
[2] Сестримски Д.Г. "Диагностика на автомобила", Техника, София, 1989.
[3]Стоянов А.Й. "Ръководство за лабораторни упражнения по техническа експлоатация на транспорта I", Русе, 2010.
[4] Trzeciak K. "Diagnostika samochodow osobowych", WKL, Warszawa, 2005.

За контакти:
бак. инж. Ивайло Николаев Борисов, Русенски университет "Ангел Кънчев", специалност Управление на качеството, e-mail: smokefromdabong@abv.bg.
гл. ас. д-р инж. Юлиян Ангелов, Русенски университет "Ангел Кънчев", катедра Техническа механика, тел. 082-888 572, e-mail: julian@uni-ruse.bg.

Обобщен модел за изследване на механични трептения

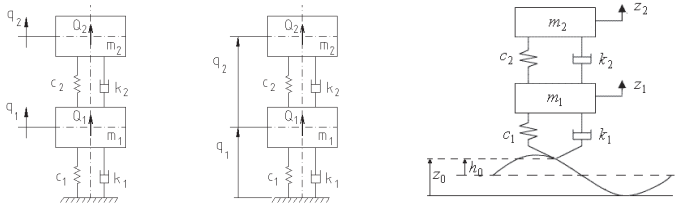
автор: Гергана Везирска
научен ръководител: д-р Светлин Стоянов

A generalized model for the investigation of vibrations: *A generalized model for the investigation of vibrations is developed and numerically investigated. The model is suitable for modelling the vibrations of mechanical systems for the purposes of vibration isolation and vibration absorption. This generalized model can consider force excitations and kinematic excitations. Therefore it has the advantage of being applicable to vehicles as well as cutting machines.*

Key words: *Vibrations, Dynamics of Multibody Mechanical System, Generalized Model, Vibration Isolation, Vibration Absorption, Numerical Investigation.*

1. Въведение

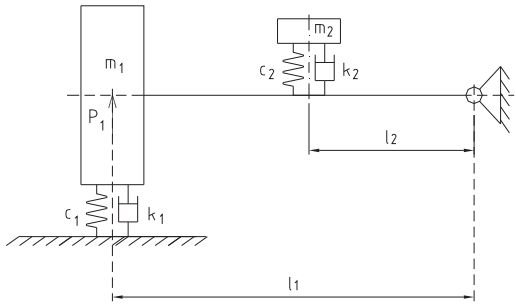
Базовите модели от фиг. 1 са широко известни.



a b c

Фиг. 1. Основни модели за изследване на трептения:
a и b – силово смущение (два варианта за избор на обобщените координати);
c – кинематично смущение

На фиг. 2 е представен един специфичен модел, разработен в [1]. Авторите обръщат внимание на факта, че при автономното задвижване на електромобилите към всяко колело има отделен електродвигател, чиято маса би могла да се използва за гасене на трептенията, възникващи при движението на транспортната машина. За целта е разработен представеният модел, състоящ се от две съсредоточени маси, едната извършваща ротационно движение, а другата – транслационно. Изведени са диференциалните уравнения на малките трептения и са определени параметрите на окачването на ел. двигателя – коефициента на еластичност c_2 и коефициента на вискозно триене k_2.



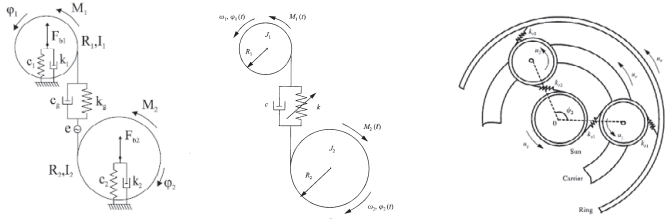
Фиг. 2. Модел на една четвърт от окачването на електромобил

Възниква въпросът, дали е възможно изследването от [1] да бъде реализирано посредством базовите модели, които съдържат основните елементи, необходими за моделиране на трептенията на една механична система, когато тя се разглежда като дискретна и линейна. За да се отговори на този въпрос, трябва да се разгледат спецификите За разлика от базовите модели, този модел съдържа маса, извършваща ротационно движение, както и предавателно отношение $\eta_1 = l_2 / l_1$, което е различно от единица. От тук възниква идеята за разширяване на възможностите на разгледаните базови модели, посредством обобщаване и подход от частното към общото. Освен това, тъй като в [1] е реализирано изследване само при хармонично смущение, необходимо е да се изследва и влиянието на случайно смущение.

Съгласно изложеното е формулирана целта на настоящата разработка – да се създаде и изследва обобщен модел, предоставящ възможности за:

- Моделиране на транслационно движение;
- Моделиране на ротационно движение;
- Отчитане наличие на предавателно отношение различно от единица;
- Възможност за задаване на силово или кинематично смущение.

Такъв модел може да намери приложение в динамиката на машините, тъй като моделирането посредством еластичен и демпфиращ елемент е широко разпространен подход. Например, на фиг. 3 са показани типични модели за изследване трептенията на зъбна предавка, които обаче отчитат нелинейностите породени от хлабината и променливата коравина на зацепването.



a b c

Фиг. 3. Модели на зъбна предавка: a – отчита хлабината в зацепването [4];
b – отчита променливата коравина на зацепените зъби [5];
c – планетна предавка [6]

2. Разработване на модела

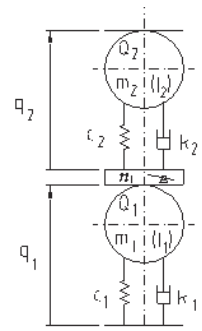
Механичната схема на модела е представена на фиг. 4 при две степени на свобода. Той се състои от:

– съсредоточени маси, които могат да извършват транслационно или ротационно движение;

– безмасови еластични и демпфиращи елементи с линейни характеристики и съответно коефициент на еластичност c и коефициент на вискозно триене k;

– безмасови елементи, реализиращи кинематично предавателно отношение η между обобщените координати.

Диференциалните уравнения на малките трептения се получават от уравненията на Лагранж от втори род:



Фиг. 4. Обобщен модел

$$\left|\begin{array}{l}
\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_1}-\dfrac{\partial E_k}{\partial q_1}=Q_1-\dfrac{\partial E_p}{\partial q_i}-\dfrac{\partial R_1}{\partial \dot{q}_1}\\
\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_2}-\dfrac{\partial E_k}{\partial q_2}=Q_2-\dfrac{\partial E_p}{\partial q_2}-\dfrac{\partial R_2}{\partial \dot{q}_2}\\
.....\\
\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_i}-\dfrac{\partial E_k}{\partial q_i}=Q_i-\dfrac{\partial E_p}{\partial q_i}-\dfrac{\partial R_i}{\partial \dot{q}_i}\\
.....\\
\dfrac{d}{dt}\dfrac{\partial E_k}{\partial \dot{q}_n}-\dfrac{\partial E_k}{\partial q_n}=Q_n-\dfrac{\partial E_p}{\partial q_n}-\dfrac{\partial R_n}{\partial \dot{q}_n}
\end{array}\right| . \qquad (1)$$

За система с три степени на свобода, кинетична енергия при силово смущение е:

$$E_{k_1}=\frac{1}{2}m_1\dot{q}_1{}^2,\ E_{k_2}=\frac{1}{2}m_2\left(\dot{q}_2+\eta_1\dot{q}_1\right)^2,\ E_{k3}=\frac{1}{2}m_3\left(\dot{q}_3+\eta_2\dot{q}_2+\eta_1\dot{q}_1\right)^2,$$

$$E_k=E_{k_1}+E_{k_2}+E_{k3}=\frac{1}{2}m_1\dot{q}_1{}^2+\frac{1}{2}m_2\left(\dot{q}_2+\eta_1\dot{q}_1\right)^2+\frac{1}{2}m_3\left(\dot{q}_3+\eta_2\dot{q}_2+\eta_1\dot{q}_1\right)^2$$

В обобщен вид за *n* степени на свобода, израза за кинетичната енергия има вида

$$E_k=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}m_i\left(\dot{q}_i+\sum_{j=1}^{i-1}\eta_j\dot{q}_j\right)^2. \qquad (2)$$

При кинематично смущение, вместо (2) се използва

$$E_k=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}m_i\left(\dot{q}_i+\sum_{j=1}^{i-1}\eta_j\left(\dot{q}_j+\dot{q}_{0_j}\right)\right)^2.$$

Потенциална енергия при силово смущение се определя съгласно изразите:

$$E_{p_1}=\frac{1}{2}c_1q_1{}^2,\ E_{p_2}=\frac{1}{2}c_2q_2{}^2,\ E_{p_3}=\frac{1}{2}c_3q_3{}^2,$$

$$E_p=E_{p_1}+E_{p_2}+E_{p3}=\frac{1}{2}c_1q_1{}^2+\frac{1}{2}c_2q_2{}^2+\frac{1}{2}c_3q_3{}^2.$$

Техният обобщен запис има вида

$$E_p=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}c_iq_i{}^2 \qquad (3)$$

При кинематично смущение, (3) има вида

$$E_p=\frac{1}{2}\sum_{i=2}^{n}c_i\left(q_i-q_{0_j}\right)^2$$

Загубите на енергия в системата могат да бъдат отчетени посредством функцията на Релей

$$R=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}k_i\dot{q}_i{}^2$$

или да бъдат добавени към обобщените сили:

– при силово смущение

$$Q_i=F_i-k_i\dot{q}_i,$$

– при кинематично смущение

$$Q_i=-k_i\left(\dot{q}_i-\dot{q}_{0_i}\right).$$

След заместване в (1) и извършване на необходимите преобразувания, се

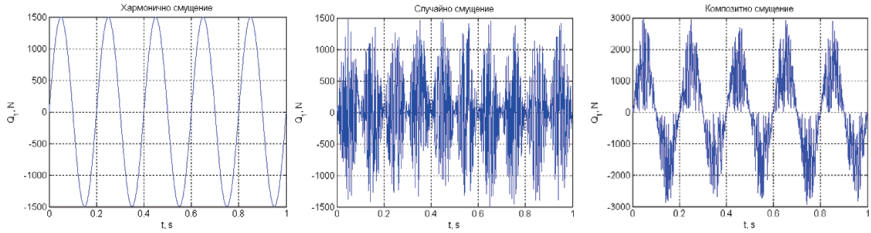
получават диференциалните уравнения на трептенията на механичната система. В съответствие с модела на окачването на електромобила, тук те са представени при две степени на свобода:

$$\begin{cases} \left(m_1 + \eta_1^2 m_2\right)\ddot{q}_1 + \eta_1 m_2 \ddot{q}_2 + k_1 \dot{q}_1 + c_1 q_1 = Q_1 \\ \eta_1 m_2 \ddot{q}_1 + m_2 \ddot{q}_2 + k_2 \dot{q}_2 + c_2 q_2 = Q_2 \end{cases}$$

3. Числено изследване

Численото изследване на разработения модел е реализирано в работната среда на софтуерната система MATLAB [2, 3] за стойности на параметрите съгласно [1], а именно: $m_1 = \frac{I_1}{l^2} = \frac{2.5}{0.5^2} = 10kg$, $m_2 = 5kg$, $\eta_1 = \frac{l_2}{l_1} = \frac{0.3}{0.5} = \frac{3}{5}$, $c_1 = 80\ kN/m$, $c_2 = 50\ kN/m$, $k_1 = 100\ Ns/m$ и $k_2 = 500\ Ns/m$.

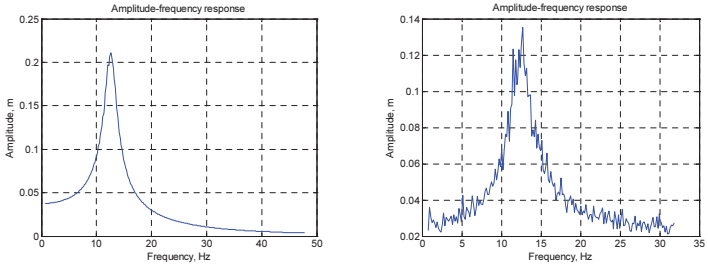
Моделът е изследван не само при хармонично смущение, както в [1], но и при композитно смущение (фиг. 5c), което е получено като към хармоничната компонента (фиг. 5a) е добавено смущение със същата честота и нормално разпределена случайна амплитуда (фиг. 5б).



a b c

Фиг. 5. Силово смущение

Поведението в честотната област е представено на фиг. 6. При честота около 12 Hz настъпва резонанс. При наличие на случайно смущение се наблюдават разлики в микрогеометрията на амплитудно-честотните характеристики, като макрогеометрията се запазва.

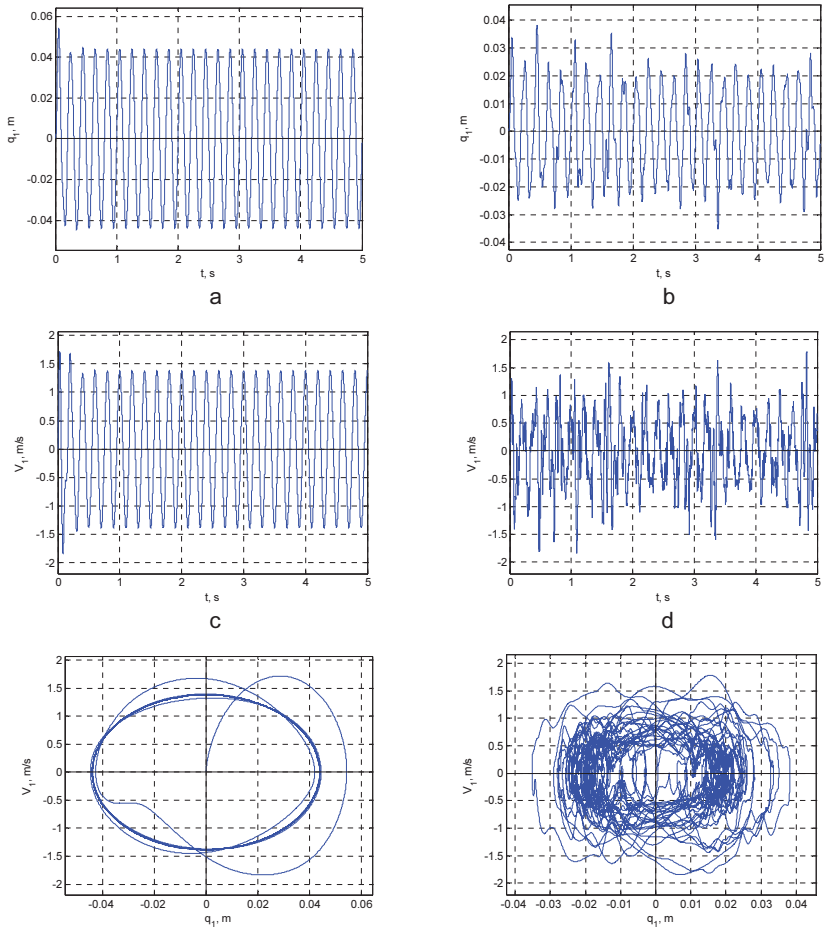


a b

Фиг. 6. Амплитудно-честотни характеристики на трептенията по първата обобщена координата: a – хармонично смущение; b – композитно смущение

Поведението във времевата област е представено на фиг. 7. При хармонично смущение има ясно изразени участъци на преходен режим и на установена работа. Съответно на фазовия портрет се наблюдава влизане в периодичен цикъл. При

добавяне на смущение със случен характер се наблюдават флуктуации около фазовата траектория.



Фиг. 7. Трептения по първата обобщена координата: a – времедиаграма при хармонично смущение; b – времедиаграма при композитно смущение; c – виброскорост при хармонично смущение; d – виброскорост при композитно смущение; e – фазов портрет при хармонично смущение; g – фазов портрет при композитно смущение

4. Заключение

Разработен е обобщен модел за изследване на трептения при виброизолация или виброгасене на силови или кинематични смущения. Моделът е изследван числено при хармонично смущение и при наличие на случайно смущение. Построени са графики на времевото и честотното поведение, както и фазовите портрети на трептенията.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Поддубный В. И., А. С. Павлюк, Определение оптимальных конструктивных параметров для снижения уровня вертикальных колебаний колесной машины, Вестник Алтайского государственного аграрного университета No. 9 (47), 2008

[2] Йорданов, Й. Т. MATLAB. Преобразувания. Изчисления. Визуализация. Част III. Техника, София, 2009

[3] Йорданов, Й. Т. Приложение на MATLAB в инженерните изследвания – Част I, Част II и Част III. Русенски университет „Ангел Кънчев", Русе, 2010

[4] Thoedossiades S., Natsiavas. Periodic and chaotic dynamics of motion-driven gear-pair systems with backlash. Chaos, Solitons and Fractals 12 (2001) 2427-2440

[5] Theodossiades S., S. Natsiavas. Nonlinear dynamics of gear-pair systems with periodic sti!ness and backlash, Journal of Sound and Vibration 229, p. 287-310, 2000

[6] J. Lin, R. Parker. Planetary gear parametric instability caused by mesh stiffness variation, Journal of sound and vibration 229(2), p. 287-310, 2002

За контакти:

Гергана Огнянова Везирска, специалност ЗТТ, курс 2, e-mail: geri_vezirska@yahoo.com

Д-р инж. Светлин Стоянов, катедра "Техническа механика", Русенски университет "Ангел Кънчев", e-mail: SStoyanov@uni-ruse.bg

Числено симулиране на силовото натоварване на трактора при оран с навесен плуг

автор: Йордан Пенев
ръководител: доц. д-р Стоян Стоянов

***Numerical simulation of the load power during ploughing with mounted plogh**. The interaction between a tractor and a plough is investigated. The external disturbances by the resistance of the soil and terrain uneven using algorithms generating random processes with desirable statistical properties are modeled. A kinematic analysis of movement of the units of the linkage of the three-point suspension system is made. In terms of balance are the forces that are transmitted from the plough to the tractor via linkage determinated.These forces to a resultant force and moment about the center of gravity of the tractor are reduced.*

***Key words**: three-point suspension, agricultural unit, generating algorithm, random process, MATLAB.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Навесните земеделски агрегати са по-сложни динамични системи в сравнение с прикачните агрегати, поради особеностите на силовата връзка между трактора и навесената работна машина. Тази връзка се осъществава чрез навесната система, която представлява многозвенен пространствен лостов механизъм. При изследване на динамичното взаимодействие между трактора и машината е необходимо да се отчитат особеностите на кинематичната връзка между тях и въздействието на обработваемата среда [4]. Това въздействие се изразява като случайно във вероятностен смисъл смущение върху динамичната система, основно от неравностите на полето и изменението на съпротивлението на почвата върху работната машина [6]. Решаването на този комплекс от динамични проблеми е свързано пряко с редица технологични, енергетични, качествени и други аспекти на производствения процес. Във връзка с това съществува необходимостта от построяване на рационални изчислителни модели на този тип агрегати, които най-пълно да отразяват реалните условия на работа и най-съществените страни на изпълнявания работен процес.

Целта на настоящата статия е да се да се симулира силовото въздействие на работната машина (плуга) върху трактора, като се отчитат кинематичното поведение на лостовия механизъм на навесната система при случайните смущения на неравностите на полето и силовото въздействие върху плуга.

МОДЕЛИРАНЕ НА СЛУЧАЙНИТЕ ВЪНШНИ ВЪЗДЕЙСТВИЯ ВЪРХУ ПЛУГА

При установен режим, случайните процеси (СП) на съпротивлението на почвата $R(t)$ и на неравностите на полето $h(t)$ принадлежат към класа на стационарните и ергодични процеси от гаусов тип [4]. В общ вид те могат да се представят с израза:

(1) $$x(t) = m_x + \sigma_x\, x^{\circ}(t),$$

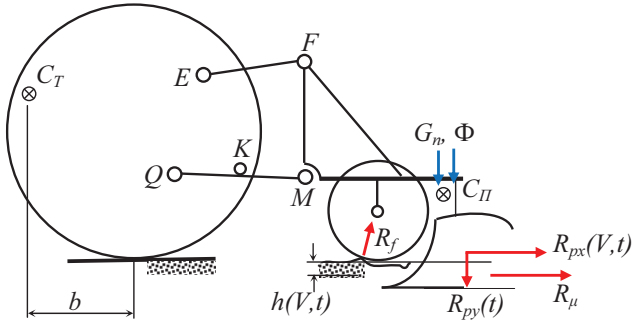
където m_x е математическо очакване, σ_x – средно-квадратично отклонение, $x^{\circ}(t)$ – центриран СП.

Моделирането на СП със зададени корелационно-спектрални характеристики се извършва с помощта на известни [1] моделиращи алгоритми (формиращ филтър), с които се извършва линейно преобразование на стационарна последователност от независими нормално разпределени псевдослучайни числа (дискретен бял шум) в последователност от корелирани дискретни стойности на моделирания СП.

При моделиране на СП $h(t)$, той се представя като центриран, т.е., съгласно (1) $m_h = 0$.

За моделиране на СП $R(t)$ са приети [3] някои предпоставки, относно силовото натоварване върху плуга. Прието е, че:

- всички плужни тела са еднакво натоварени;
- съпротивителните сили върху плужните тела са редуцирани до динама за точка от едно (условно средно) плужно тяло;
- общото (теглителното) съпротивление включва силите за обръщане на почвения слой $R_p(t)$, триенето на лемежите в стената на браздата R_μ и съпротивлението при търкаляне на опорното колело на плуга R_f, фиг. 1.



Фиг. 1. Схема на силовото натоварване върху плуга от страна на почвата

Като СП се моделира хоризонталната компонента $R_{px}(t)$ на съпротивлението $R_p(t)$. Средната стойност на процеса, ($m_R \equiv R_{px}$ в (1)), се определя с формулата на Горячкин [2]

$$R_{px} = a_o B_o (k_o + \varepsilon V^2),$$

където a_o е средната (настроена) дълбочина на браздата, B_o – захват на плуга, k_o – специфично съпротивление на напречното сечение на орния слой, ε – "скоростен" коефициент.

Вертикалната $R_{py}(t)$ и напречната $R_{pz}(t)$ компонента на $R_p(t)$ се определят със зависимостите [3]

$$R_{py}(t) = R_{px}(t)\ tg\ \psi, \quad R_{pz}(t) = R_{px}(t)\ tg\ \zeta,$$

където ψ и ζ са експериментално получени ъгли при пространствено динамометриране [5].

Силите $R_\mu(t)$ се определят с израза

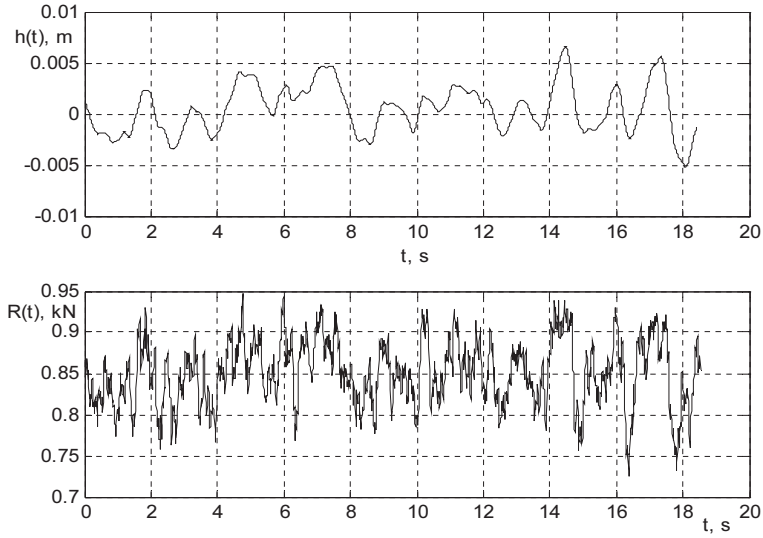
$$R_\mu(t) = \mu\ R_{pz}(t),$$

а за компонентите на R_f е в сила

$$R_{fx} = f\ R_{fy},$$

където μ е коефициент на триене при плъзгане, f – коефициент на съпротивление при търкаляне.

СП $h(t)$ и $R(t)$ са симулирани (в MATLAB) за скорости на движение на агрегата V = (1m/s; 1.5m/s; 2.0m/s; 2.5m/s). На фиг. 2 са показани реализации на двата СП при скорост V = 1.5m/s.



Фиг. 2. Реализации на СП $h(t)$ и $R(t)$ при скорост $V = 1{,}5$ m/s.

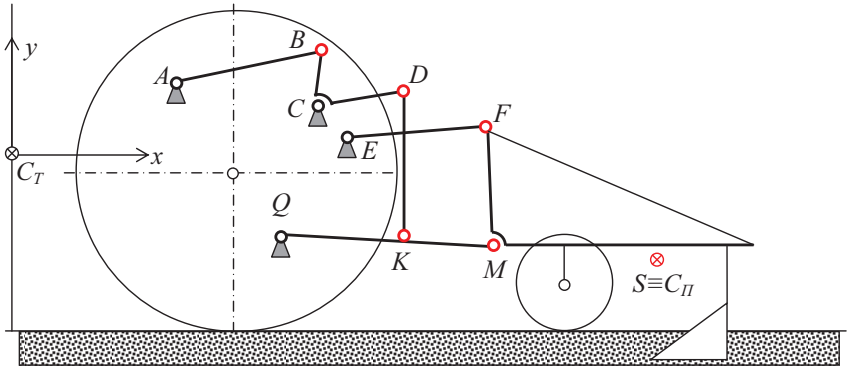
КИНЕМАТИЧЕН АНАЛИЗ НА НАВЕСНИЯ МЕХАНИЗЪМ

Кинематичният анализ на навесния механизъм на трактора и направен при следните предпоставки, фиг 3:

- механизмът представлява триточкова навесна система в режим на плаващо положение;
- разглежда се като равнинен лостов механизъм, представляващ проекция на реалния пространствен механизъм в надлъжната равнина на трактора;
- плугът извършва транслационно движение във вертикално направление относно трактора, което осигурява еднакво копиране на терена от работните органи по дължина;
- тракторът се разглежда в статично положение.

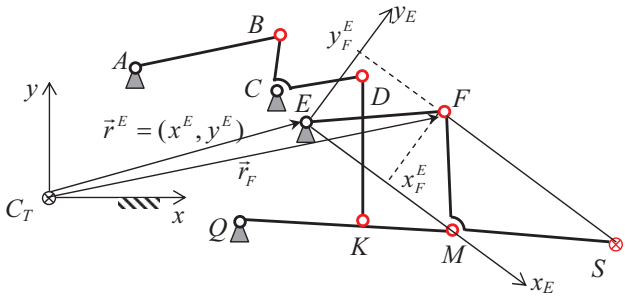
Определят се координатите на точките *B, D, F, M, S,* в координатната система $C_T xy$, свързана с масовия център на трактора, при известни координати на точките *A, C, E, Q* в същата координатна система, фиг. 3. Всяка точка от навесната система е определена в локална координатна система с радиус-вектора или координатите си $\vec{r}_i^{\,j} = \left[x_i^j, y_i^j\right]$ и с $\vec{r}_i = \left[x_i, y_i\right]$ - в неподвижната (глобалната) координатна система, където $i = [B, D, F, M, S]$, $j = [A, B, E, D, F]$.

Въвеждат се подходящи локални координатни системи, координатите на началата на които в неподвижната координатна система се задават като вектор-стълб $\vec{r}^{\,j} = \left[x^j, y^j\right]^T$ или в разширената форма $\tilde{r}^{\,j} = \left[x^j, y^j, 1\right]^T$.



Фиг. 3. Схема на навесната система на трактор

На фиг. 3 е показана принципна схема за определяне координатите, на т. F. С x_F^E, y_F^E са означени координатите на т. F в локалната координатна система $E\,x_E y_E$, а x^E, y^E са глобалните координати на началото E .



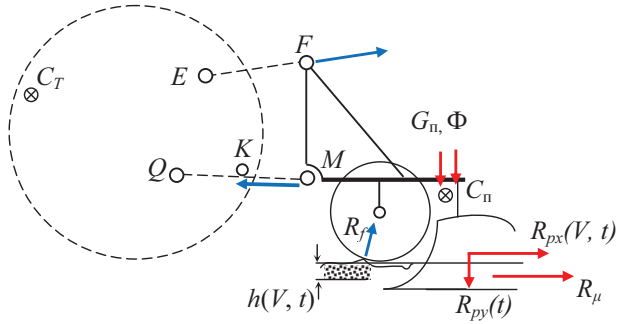
Фиг. 4. Принципна схема на трансформацията на координатите

За преминаване от локални в глобални координати се въвежда матрицата на посочните косинуси $C_i^j = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{bmatrix}$ и се използва блочната трансформачна матрица $T_i^j = \begin{bmatrix} C_i^j & r^j \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, в която 0 е нулев вектор-ред. Координатите на всяка от точките $i = [B, D, F, M, S]$, в неподвижната координатна система се определят като вектор-стълб в разширен вид $\breve{r}_i = T_i^j . \breve{r}_i^j$, [6].

ОПРЕДЕЛЯНЕТО НА СИЛИТЕ В ЗВЕНАТА НА НАВЕСНАТА СИСТЕМА

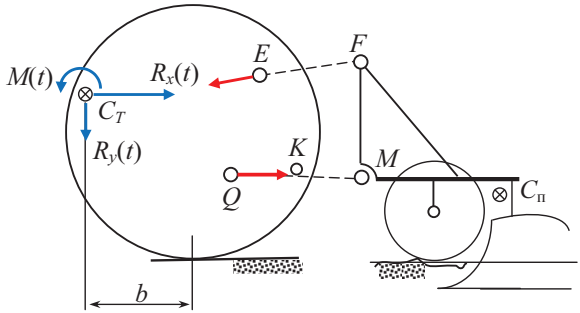
От условията за равновесие на плуга се определят реакциите на долното звено (QM) на навесната система, на горното звено (EF) и реакцията върху опорното колело (R_f) на плуга, фиг. 5. Тези условия са кинетостатични, защото е включена и

инерционната сила върху плуга $\vec{\Phi} = -m_{\Pi}.\vec{a}$, където a е вертикалното ускорение на масовия център на плуга, а m_{Π} – масата на плуга.



Фиг. 5. Схема за определяне на силите върху плуга

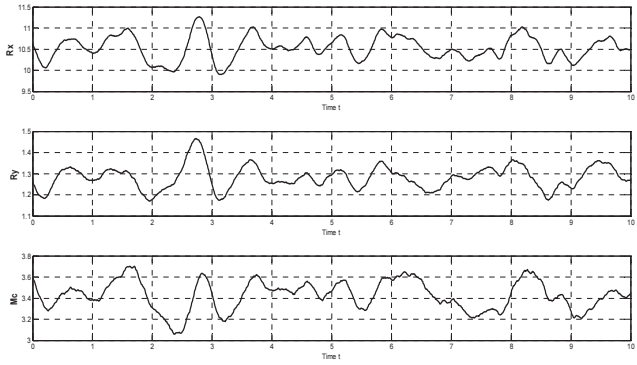
Натоварването върху трактора определяме, като редуцираме силите в звената QM и EF до динама за масовия център на трактора. На фиг. 6 са показани компонентите на главния вектор $R_x(t)$ и $R_y(t)$ и главния момент $M(t)$ на динамата.



Фиг. 6. Схема на редукцията на силите на динама
за масовия център на трактора

ЧИСЛЕН ЕКСПЕРИМЕНТ

Численият експеримент е извършен за трактор МТЗ-82 с навесен плуг ПЛН 3-35 в програмната система MATLAB. На фиг. 7 са показани случайните процеси на компонентите $R_x(t)$ и $R_y(t)$ на главния вектор и на главния момент $M(t)$ на динамата. Средните им стойности са съответно 10,525 kN, 1,282 kN и 3,425 kNm.



Фиг. 7. Реализации на случайните процеси на компонентите $R_x(t)$ и $R_y(t)$ на главния вектор и на главния момент $M(t)$ на динамата.

ИЗВОДИ

Изследването е направено при неподвижен трактор, което (заедно с някои други ограничаващи предпоставки) води до известна ограниченост на полезността на резултатите.

Като полезна страна може да се посочи разглеждането на този тип агрегати като взаимно свързани подсистеми, включващи компонентите на агрегата, сложната кинематична връзка между тях и случайния характер на смущаващите въздействия. Кинематичният анализ на навесния механизъм позволява по-точно да се определи в качествено и в количествено отношение силовото взаимодействие между навесената машина и трактора и реалното натоварване на трактора. От тук произтича възможността за формулиране и по-точно решаване на редица задачи за анализ и синтез на динамичната система и задачи от технологично и енергетично естество или за качество на изпълняваните технологични процеси.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков,В.В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике, Москва, "Советское радио", 1971.
2. Горячкин, В.П. Теория плуга. Собрание сочинений, т. 2, *"Колос"*, 1965.
3. Клецкин, М.И. (ред.), Справочник конструктора сельскохозяйственных машин, *Машиностроение*, Москва, 1967.
4. Лурье,А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов, "Колос", 1981.
5. Хараев,П.Х. Экспериментальное определение статистических характеристик процессов при работе навесных пахотных агрегатов, Механизация и электрификация сельского хозяйство. том 93 , 1963.
6. Misun, V., F. Bauer. Dynamic Load on a Tractor during ploughing, *Zemedelska Technika*, *№ 43*, 1997, pp. 21-27.

За контакти:

Йордан Красимиров Пенев, спец КХГ, фак. № 112080

Доц. д-р Стоян Ганчев Стоянов, Русенски университет "Ангел Кънчев", катедра Техническа механика, тел. 082-888 572, e-mail: sgstoyanov@uni-ruse.bg.

Разработване на технология и приспособление за сглобяване на грайфер SL500G на фирма ATLAS

автор: Даниела Цонева
научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. д-р Александър Иванов

Резюме: *Разработена е технология за сглобяване на грайфер SL500G. Чрез CAD системата SolidWorks е конструирано специализирано приспособление, чрез което се реализира разработената технология за сглобяване на грайфера.*
Ключови думи: *Технология, сглобяване, приспособление, грайфер, CAD система.*

Abstract: *Technology has been developed for assembling the grapple SL500G. By the CAD system SolidWorks is designed specialized device performing the developed technology for assembling the grapple.*
Key words: *Technology, assembling, device, grapple, CAD system.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Грайфера е специализирано приспособление, което се монтира на подемен кран или багер.

Разнообразието на грайферите е голямо и основно зависи от предназначението им. Използват се за товарно-разтоварни дейности на насипни материали (въглища, руда, пръст, пясък, камъни и др.), разрушаване, сортиране на материали, почистване, изкопни работи, в дърводобива, в кариери за добив на камъни и др.

Едни от големите фирми производители на грайфери, това са Atlas (Германия), Kinshofer (Германия), Demarec (Дания), Mantovanibenne Srl (Италия, България), Atlas Copco (Швеция, България) [5], Nemag (Холандия) [6] и др. На следващите фигури са показани различни конструкции на грайфери и приложението им.

Фиг. 1. Грайфер за товарно-разтоварни дейности – Atlas (Германия) [1].

Фиг. 2. Грайфер за разрушаване – Kinshofer (Германия) [2].

Фиг. 3. Грайфер за разрушаване и сортиране на материали – Demarec (Дания) [3].

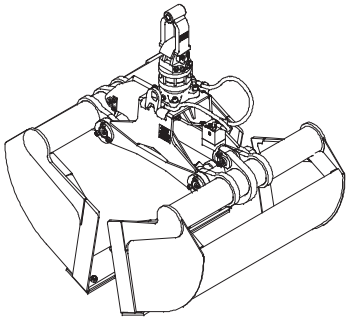
Фиг. 4. Грайфер за сортиране на материали – Mantovanibenne (Италия) [4].

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Особености при изработването на грайфери

Основен проблем при изработването на подобен тип изделия, като грайфери, хващачи, кофи за багери и др., са сложната конструкция и форма, която имат. Тази

форма трябва да бъде получена точно, за да може изделието да изпълнява функционалното си предназначение.



Фиг. 5. Грайфер SL500G.

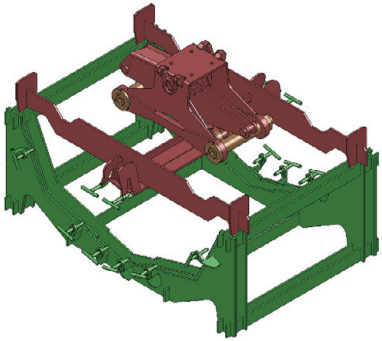
Това трудно би се постигнало при нормални условия на работа, затова се разработват и използват специализирани приспособления за сглобяването им.

2. Обща характеристика на грайфер SL500G.

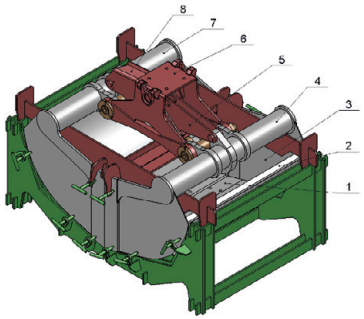
Грайфера показан на фиг. 5 е разработка на фирма СЛ Индъстрис ЕООД, град Русе [7], по поръчка на немската фирма ATLAS.

Грайфер SL500G е с обем 0,5 m^3 и е предназначен за товарно-разтоварни дейности на насипни материали.

Отварянето и затварянето на кофите се извърша чрез хидравличен цилиндър, а чрез специален ротатор, грайфера може да извършва завъртане около оста си на 360º. Едновременното движение на двете кофи се осигурява от специално синхронизиращо рамо.



Фиг. 6. Приспособление за сглобяване на лява и дясна кофа на грайфера – общ вид.



Фиг. 7. Приспособление за сглобяване на грайфера с установени детайли на лява и дясна кофа.

3. Разработване на технология и приспособление за сглобяване на грайфер SL500G

Разработена е технология за сглобяване на грайфера и специализирано приспособление за реализиране на тази технология.

Приспособлението е разработено, чрез CAD системата SolidWorks и на фиг. 6 е показан общия му вид. То осигурява получаването на формата и на габаритните размери на грайфера. Приспособлението осигурява висока производителност, не е сложно за манипулация, с цел да се избегнат всякакви грешки от субективен характер.

Чрез приспособлението се извършва сглобяването на основните елемети на грайфера – лява и дясна кофа.

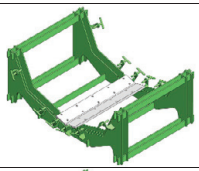
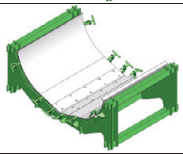
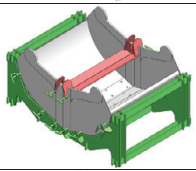
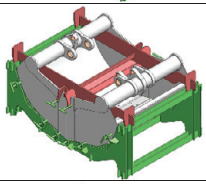
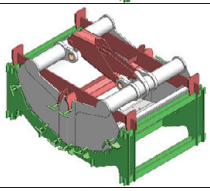
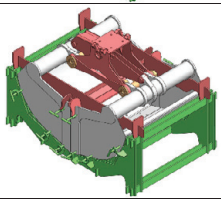
Приспособлението, заедно с всички установени детайли за лява и дясна кофа, е показано на фиг. 7.

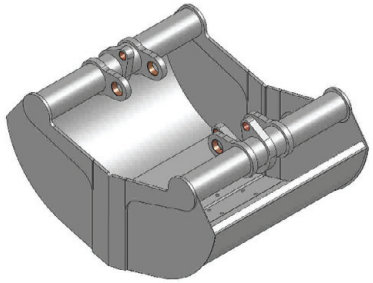
Технологията на сглобяване включва поставяне на ножовете 1, дъната 2, сглобените единици на страниците 3 в приспособлението, и закрепването им в конкретно положение. След което се поставят лява 7 и дясна 4 тръби. Междуцентровото разстояние и ъгловото им завъртане се осигурява чрез предварително изработените за конкретния грайфер захват 6,

синхронизиращо рамо 8 и планки 5, които са установени между ушите на тръбите. Тръбите също се закрепват, след което следва прихващане на всички детайли в съответното им положение чрез заваряване.

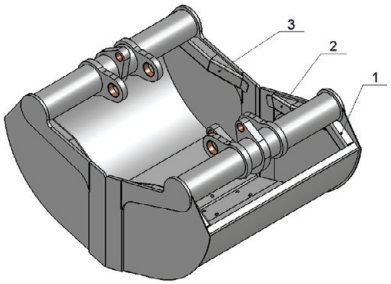
В табл. 1 е показана технологията за сглобяване на грайфера, която включва шест стъпки.

Табл. 1. Технологията за сглобяване на грайфер SL500G.

№	Технология за сглобяване	Изображение
1.	**Стъпка I** – Базиране и закрепване на ножовете.	
2.	**Стъпка II** – Базиране, закрепване и прихващане на дъната.	
3.	**Стъпка III** – Базиране, закрепване и прихващане на сглобените единици на страниците.	
4.	**Стъпка IV** – Базиране на сглобените единици на лява и дясна тръба.	
5.	**Стъпка V** – Определяне на ъгловото завъртане на сглобените единици на лява и дясна тръба.	
6.	**Стъпка VI** – Определяне на междуцентровото разстояние на лява и дясна тръба. Прихващане на тръбите.	



Фиг. 8. Лява и дясна кофа на грайфера след сглобяване чрез приспособлението.



Фиг. 9. Лява и дясна кофа на грайфера с монтирани уякчаващи ребра.

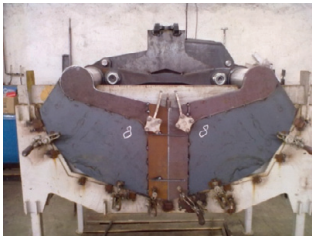
Съгласно разработената технология, сглобяването на двете кофи, се извършва заедно в комплект за всяко едно изделие – фиг. 8. Получената чрез приспособлението сглобена единица преминава на цялостно заваряване. По този начин се избягват деформациите, които възникват в резултат на заваряването, както и се намалява цялостното им въздействие върху конструкцията. Това гарантира при монтажа на всички подвижни възли, пълното им съвпадане в затворено и отворено състояние на грайфера. При затворено състояние не трябва да има разминаване на ножовете и на страниците на кофите.

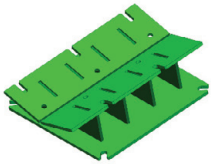
За допълнително уякчаване на конструкцията са предвидени допълнителни ребра 1, 2 и 3. Те се поставят след изваждане на сглобената единица на лява и дясна кофа от приспособлението и заваряването ѝ – фиг. 9. Следва цялостно сглобяване на всички възли на грайфер SL500G.

На фигурите, със зелен цвят са означени всички детайли на приспособлението, които подлежат на заваряване, а с червен (или оранжев) цвят, всички подвижни детайли, които се монтират при сглобяването на елементите на грайфера.

В табл. 2 са показани моменти от сглобяване на грайфера, в реални производствени условия, чрез използването на приспособлението.

Табл. 2. Сглобяване на грайфер SL500G в реални производствени условия.





Фиг. 10. Приспособление за закрепване на грайфера към манипулатор за въртене.

4. Разработване на приспособление за въртене на грайфер SL500G при заваряването му

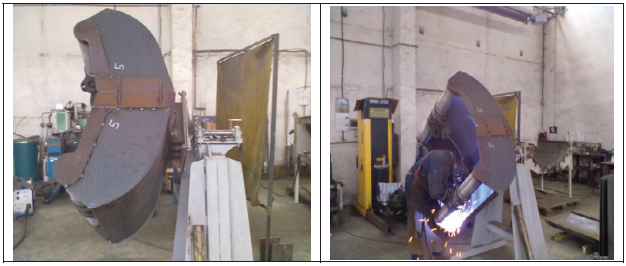
Заваряването на двете кофи се извършва съгласно заваръчния план. Той включва видовете заваръчни шевове и последователността на изпълнението им. От, това следва, че сглобената единица на кофите трябва да бъде многократно завъртана в съответното положение, за да бъде реализиран конкретния заваръчен шев.

За да се автоматизира този процес, се използва манипулатор за въртене. За целта е разработено приспособление, чрез което грайфера се монтира към манипулатора, които го завърта на 360°.

На фиг. 10 е показан общия вид на приспособлението.

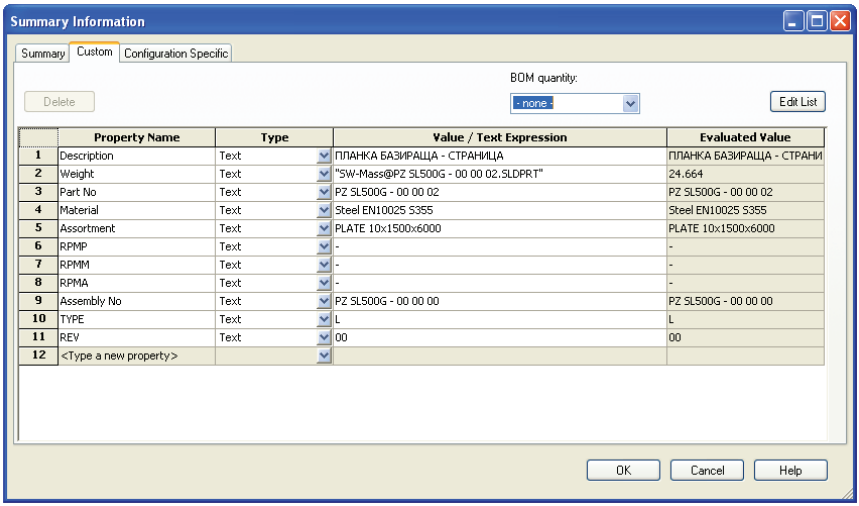
В табл. 3 са показани снимки на приспособлението, манипулатора за въртене и процеса на заваряване на кофите на грайфера.

Табл. 3. Заварявана на грайфер SL500G с манипулатора за въртене.



5. Особености при моделирането на тримерните модели на приспособлението

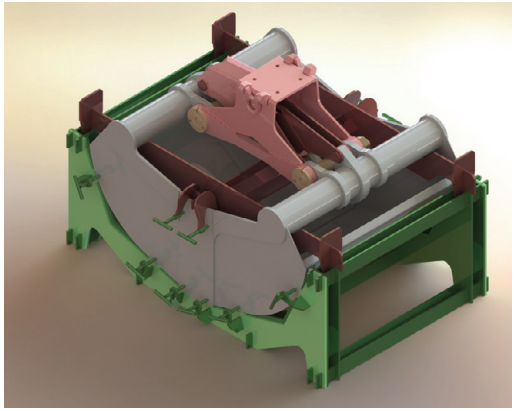
Някои от тримерните модели на детайлите са разработени с модула за листов материал (Sheet Metal), по този начин се получава разгъвката им, необходима за предварителния разкрой на детайлите от листов материал. Всички стандартизирани детайли, като болтове, шайби, гайки, шпилки и др., са създадени чрез библиотеката (Toolbox) на SolidWorks. Зададени са вида и марката на материалите на детайлите, като по този начин се получава информация за специфичното тегло за всеки един от тях и като цяло за самата сглобена единица.



	Property Name	Type	Value / Text Expression	Evaluated Value
1	Description	Text	ПЛАНКА БАЗИРАЩА - СТРАНИЦА	ПЛАНКА БАЗИРАЩА - СТРАНИ
2	Weight	Text	"SW-Mass@PZ SL500G - 00 00 02.SLDPRT"	24.664
3	Part No	Text	PZ SL500G - 00 00 02	PZ SL500G - 00 00 02
4	Material	Text	Steel EN10025 S355	Steel EN10025 S355
5	Assortment	Text	PLATE 10x1500x6000	PLATE 10x1500x6000
6	RPMP	Text	-	-
7	RPMM	Text	-	-
8	RPMA	Text	-	-
9	Assembly No	Text	PZ SL500G - 00 00 00	PZ SL500G - 00 00 00
10	TYPE	Text	L	L
11	REV	Text	00	00
12	<Type a new property>			

Фиг. 11. Потребителски атрибути, които се добавят за всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица.

За всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица, в прозореца Custom от меню File Properties, са зададени специфични параметри (потребителски атрибути) като име, номер, тип и вид на материала (марка на стоманата, листов,



Фиг. 12. Фотореалистичен изглед на приспособлението за сглобяване на грайфер SL500G.

прътов или тръбен материал), вида обработка чрез която се получава детайла, номера на сглобената единица, към която принадлежи и др. (фиг. 11).

Тази информация е необходима при разработването на конструктивната документация, тъй като излиза автоматично на чертежите.

На фиг. 12 е показан фотореалистичен изглед на приспособлението и на установените детайли за лява и дясна кофа на грайфер SL500G.

6. Награди

С разработения проект – „Разработване на технология и приспособление за сглобяване на грайфер SL500G на фирма ATLAS", бяха спечелени следните награди:

- **ПЪРВО МЯСТО** на финала на университетското състезание по SolidWorks, организирано от фирма DiTra [8]. Конкурса бе проведен на 08.06.2013 г. в град Велинград, на 14-та годишна среща на приятелите на SolidWorks.

- **ТРЕТО МЯСТО** в конкурса за най-добър студентски проект, разработен с CAD – системи "Проектирай с CAD/CAM…и с мен!", на Машинно-технологичния факултет на РУ „Ангел Кънчев", проведен на 21.05.2013 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

1. Разработена е технология за сглобяване на грайфер SL500G.
2. Разработено е специализирано приспособление за сглобяване на грайфер SL500G.
3. Приспособлението осигурява получаването на формата и на габаритните размери на грайфера. То осигурява висока производителност, не е сложно за манипулация, с цел да се избегнат всякакви грешки от субективен характер.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. www.atlasgmbh.com.
[2]. www.kinshofer.com.
[3]. www.demarec.com.
[4]. www.mantovanibenne.com, www.mbibulgaria.bg.
[5]. www.atlascopco.com, www.atlascopco.bg.
[6]. www.nemag.com.
[7]. www.sl-industries.com.
[8]. www.ditra.biz.

ЗА КОНТАКТИ:

Даниела Илиева Цонева, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев",
e-mail: danielateo@abv.bg

гл. ас. 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

доц. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082/888 714,
e-mail: akivanov@uni-ruse.bg, *url:* http://rapidprototype.uni-ruse.bg/

XIV Среща на приятелите на SolidWorks в България

DiTra

SOLIDWORKS
LET'S GO DESIGN

ГРАМОТА

за участие в студентско състезание по SolidWorks

I-во място

Даниела Цонева

Велинград 2013

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ "АНГЕЛ КЪНЧЕВ"

Г Р А М О Т А

Награждава се студентката

ДАНИЕЛА ИЛИЕВА ЦОНЕВА

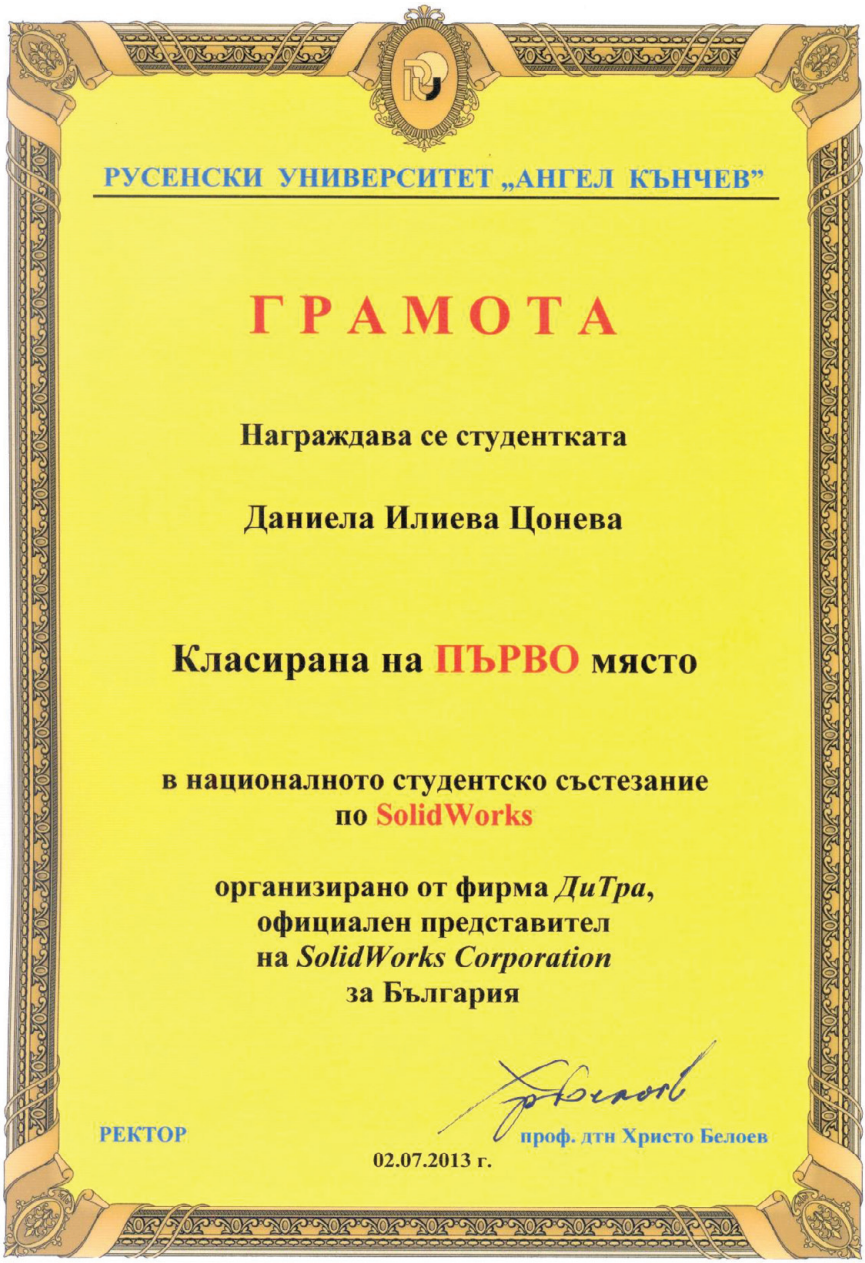
класирана на ТРЕТО място

в конкурс за най-добър проект,
разработен с CAD-системи
Проектирай с CAD ... и с мен

организиран от
МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕН ФАКУЛТЕТ

ДЕКАН:
/доц. д-р Бранко Сотиров/

16.05.2013 г.
Русе



РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ „АНГЕЛ КЪНЧЕВ"

ГРАМОТА

Награждава се студентката

Даниела Илиева Цонева

Класирана на ПЪРВО място

в националното студентско състезание
по SolidWorks

организирано от фирма *ДиТра*,
официален представител
на *SolidWorks Corporation*
за България

РЕКТОР проф. дтн Христо Белоев

02.07.2013 г.

Разработване на технология и приспособления за сглобяване на хващач SL331H на фирма ATLAS

автори: Теодор Мичев, Даниела Цонева
научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. д-р Александър Иванов

Резюме: *Разработена е технология за сглобяване на хващач SL331H. Чрез CAD системата SolidWorks са конструирани специализирани приспособления, чрез които се реализира разработената технология за сглобяване на хващача.*
Ключови думи: *Технология, сглобяване, приспособление, хващач, CAD система.*

Abstract: *Technology has been developed for assembling the grabber (brick grapple) SL331H. By the CAD system SolidWorks is designed specialized devices performing the developed technology for assembling the grabber (brick grapple).*
Key words: *Technology, assembling, device, grabber (brick grapple), CAD system.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Фиг. 1. Хващач за товарно-разтоварни дейности – Atlas (Германия) [1].

Хващача е специализирано приспособление, което се монтира на подемен кран.

То принадлежи към групата на грайферите, чието разнообразие е голямо и основно зависи от предназначението им. Използват се за товарно-разтоварни дейности на товари установени в палети, строителни материали в пакети, единични изделия, като бетонни блокове, бордюри, железопътни релси и др.

Едни от големите фирми производители на хващачи, това са Atlas (Германия), Kinshofer (Германия) и др. На следващите фигури са показани различни конструкции на хващачи и приложението им.

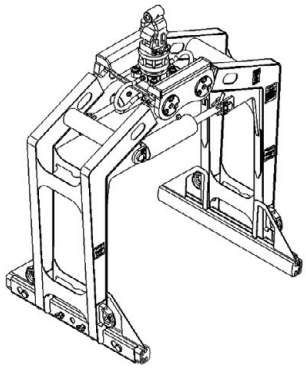
ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Особености при изработването на хващачи

Основен проблем при изработването на подобен тип изделия, като хващачи, грайфери, кофи за багери и др., са сложната конструкция и форма, която имат. Тази форма трябва да бъде получена точно, за да може изделието да изпълнява функционалното си предназначение.

Това трудно би се постигнало при нормални условия на работа, затова се разработват и използват специализирани приспособления за сглобяването им.

Фиг. 2. Хващач за товарно-разтоварни дейности – Kinshofer (Германия) [2].



Фиг. 3. Хващач SL331H.

2. Обща характеристика на хващач SL331H

Хващача показан на фиг. 3 е разработка на фирма СЛ Индъстрис ЕООД, град Русе [3], по поръчка на немската фирма ATLAS.

Хващач SL331H е предназначен за товарно-разтоварни дейности на товари установени в палети и пакети.

Отварянето и затварянето на рамената се извърша чрез хидравлични цилиндри, а чрез специален ротатор, хващача може да извършва завъртане около оста си на 360º. Едновременното синхронизирано движение на рамената се осигурява от специални зъбни блокове.

3. Разработване на технология и приспособления за сглобяване на хващач SL331H

Разработена е технология за сглобяване на хващача и три специализирани приспособления за реализиране на тази технология.

Приспособленията са разработени чрез CAD системата SolidWorks. Те осигуряват получаването на формата и на габаритните размери на отделните възли на хващача. Приспособленията осигуряват висока производителност, не са сложни за манипулация, с цел да се избегнат всякакви грешки от субективен характер.

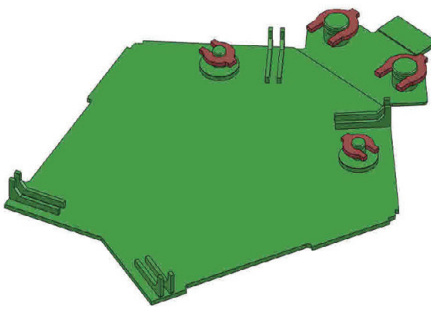
3.1. Приспособление I

Чрез първото приспособление, показано на фиг. 4, се извършва сглобяването на срещуположните ляво и дясно рамо на хващача.

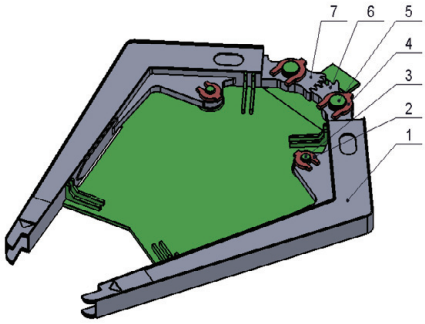
Приспособлението, заедно с всички установени детайли е показано на фиг. 5.

Положението и позиционирането на рамената 1 и двата зъбни блока 6 и 7, се извършва чрез щифтове 3 и 5. За закрепване на детайлите се използват скоби 2 и 4. Следва прихващане на всички детайли във съответното им положение чрез заваряване.

Получените чрез приспособлението сглобени единици на двете рамена преминават на цялостно заваряване.



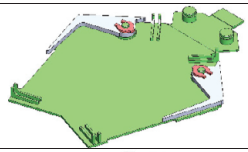
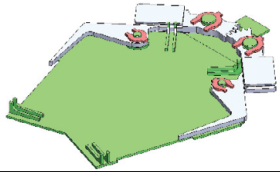
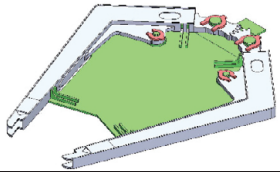
Фиг. 4. Приспособление I за сглобяване на ляво и дясно рамо – общ вид.



Фиг. 5. Приспособление I за сглобяване на ляво и дясно рамо с установени детайли.

В табл. 1 е показана технологията за сглобяване на детайлите на хващача с първото приспособление, която включва три стъпки.

Табл. 1. Технологията за сглобяване на ляво и дясно рамо с Приспособление I.

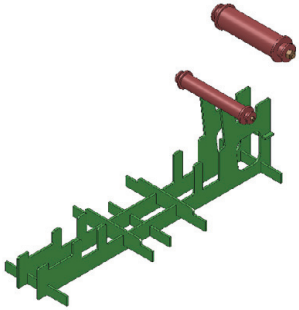
№	Технология за сглобяване	Изображение
1.	**Стъпка I** – поставяне и фиксиране на ушите.	
2.	**Стъпка II** – поставяне и фиксиране на ляв и десен зъбен блок.	
3.	**Стъпка III** – поставяне и фиксиране на сглобените единици на рамената. Прихващане на всички детайли.	

3.2. Приспособление II

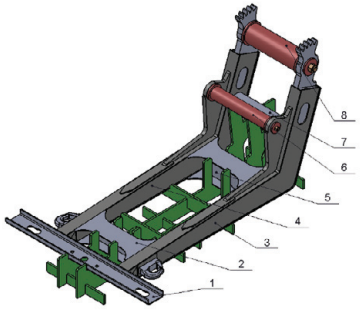
Чрез второто приспособление, показано на фиг. 6, се извършва сглобяването само на левите или само на десните рамена в обща сглобена единица. Използват се сглобените единици на рамената получените от първото приспособление.

Приспособлението, заедно с всички установени детайли е показано на фиг. 7. Чрез фиксатори 6, 8, и съответните втулки, се гарантира точното положение и разстояние между сглобените единици на рамената 3 и 4. Поставя се и се прихваща греда 1, която служи за захващане на изделията, които се обслужват. След, което получената нова сглобена единица се установява в приспособлението, където се поставят уякчаващата тръба 7, както и ребрата 2 и 5. Следва прихващане на всички детайли във съответното им положение чрез заваряване.

Получената чрез приспособлението сглобена единица на левите или десните



Фиг. 6. Приспособление II за сглобяване на левите и десните рамена в обща сглобена единица – общ вид.

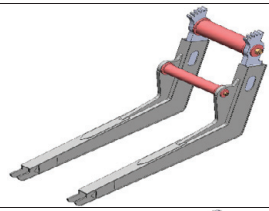
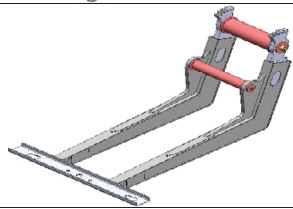
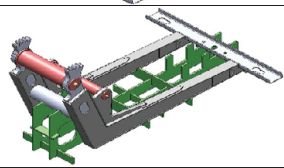
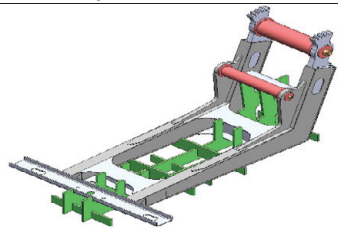


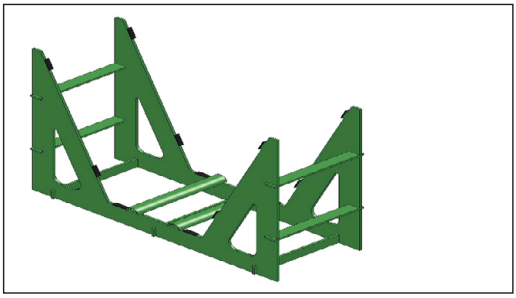
Фиг. 7. Приспособление II за сглобяване на левите и десните рамена в обща сглобена единица с установени детайли.

рамена преминава на цялостно заваряване.

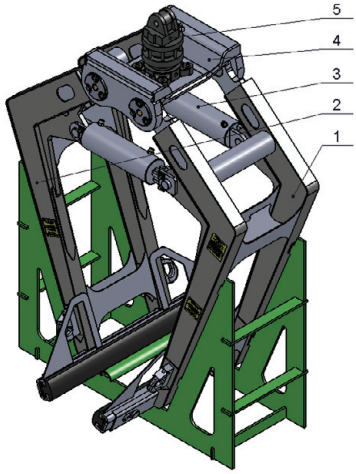
В табл. 2 е показана технологията за сглобяване на детайлите на хващача с второто приспособление, която включва четри стъпки.

Табл. 2. Технологията за сглобяване на левите или десните рамена в обща сглобена единица с Приспособление II.

№	Технология за сглобяване	Изображение
1.	**Стъпка I** – сглобяване и фиксиране на левите или десните рамена с фиксатори.	
2.	**Стъпка II** – поставяне и прихващане на гредата за захващане на изделията.	
3.	**Стъпка III** – поставяне на получена сглобена единица в приспособлението. Поставяне и прихващане на уякчаващата тръба.	
4.	**Стъпка IV** – поставяне и прихващане на допълнителните ребра.	



Фиг. 8. Приспособление III за цялостен монтаж на хващача – общ вид.



Фиг. 9. Приспособление III за цялостен монтаж на хващача с установени сглобени единици, възли и детайли.

3.3. Приспособление III

Третото приспособление служи за цялостен монтаж на всички сглобени единици, възли и детайли на хващача в обща сглобена единица. Общия вид на приспособлението е показан на фиг. 8.

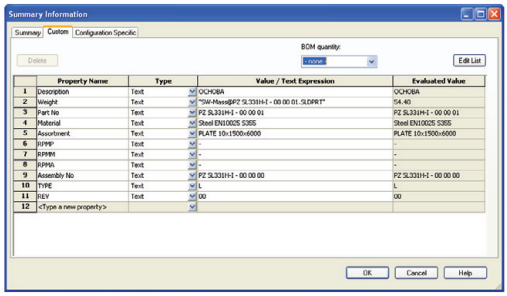
На фиг. 9 е показано приспособлението със всички монтирани възли – сглобените единици на левите 2 и десни 1 рамена, захвата 4, цилиндрите 3, ротатора 5 и др.

Съгласно разработената технология, чрез сглобяването на отделните рамена предварително и в обща сглобена единица, се избягват деформациите, които възникват в резултат на заваряването. Намалява се и цялостното им въздействие върху конструкцията. Това гарантира при монтажа на всички подвижни възли, пълното им съвпадане в затворено и отворено състояние на хващача. При затворено състояние не трябва да има разминаване на захващащите греди.

На фигурите, със зелен цвят са означени всички детайли на приспособленията, които подлежат на заваряване, а с червен (или оранжев) цвят, всички подвижни детайли, които се монтират при сглобяването на елементите от отделните възли на хващача.

4. Особености при моделирането на тримерните модели на приспособленията

Някои от тримерните модели на детайлите са разработени с модула за листов материал (Sheet Metal), по този начин се получава разгъвката им, необходима за предварителния разкрой на детайлите от листов материал. Всички стандартизирани детайли, като



Фиг. 10. Потребителски атрибути, които се добавя за всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица.

Б

бо

лтове, шайби, гайки, шпилки и др., са създадени чрез библиотеката (Toolbox) на SolidWorks. Зададени са вида и марката на материалите на детайлите, като по този начин се получава информация за специфичното тегло за всеки един от тях и като цяло за самата сглобена единица.

За всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица, в прозореца Custom от меню File Properties, са зададени специфични параметри (потребителски атрибути) като име, номер, тип и вид на материала (марка на стоманата, листов, прътов или тръбен материал), вида обработка чрез която се получава детайла, номера на сглобената единица, към която принадлежи и др. (фиг. 10).

Тази информация е необходима при разработването на конструктивната документация, тъй като излиза автоматично на чертежите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

4. Разработена е технология за сглобяване на хващач SL331H.
5. Разработени са три специализирани приспособления за сглобяване на отделните възли на хващач SL331H.
6. Приспособленията осигуряват получаването на формата и на габаритните размери на отделните възли на хващача. Те осигуряват висока производителност, не са сложни за манипулация, с цел да се избегнат всякакви грешки от субективен характер.

ЛИТЕРАТУРА

[9]. www.atlasgmbh.com.
[10]. www.kinshofer.com.
[11]. www.sl-industries.com.

ЗА КОНТАКТИ:

Теодор Атанасов Мичев, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев",
e-mail: atanasov_21@abv.bg

гл. ас. 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

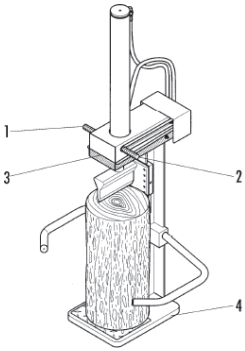
доц. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082/888 714,
e-mail: *akivanov@uni-ruse.bg*, *url:* http://rapidprototype.uni-ruse.bg/

Разработване на машина за цепене на дърва с винт

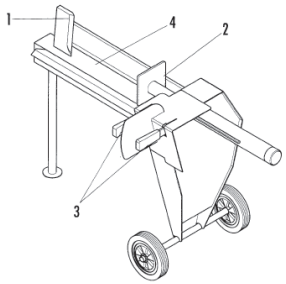
автори: Велислав Войков, Гьокхан Наджи
научни ръководители: д-р Николай Станков, доц. д-р Александър Иванов, Иво Димитров

Резюме: *Разработена е машина за цепене на дърва, чрез използването на винт. Чрез CAD системата SolidWorks е разработен тримерен модел на конструкцията на машината. Определени са параметрите на работния инструмент. Добавен е нов елемент предпазващ електродвигателя от възникващите ударни натоварвания.*
Ключови думи: *машина за цепене на дърва, тримерен модел, CAD система.*

Abstract: *Machine for splitting wood by using a screw has been developed. By the CAD system SolidWorks is designed 3D model of the machine construction. The parameters of the working tool was determined. New element was added for protection the motor from the emerging shock loads.*
Key words: *Machine for splitting wood, 3D model, CAD system, working tool.*



Фиг. 1. Вертикална машина за цепене на дърва с подвижен клин.
1 и 2 – ръкохватки, 3 – хидравлична система. 4 – основа



Фиг. 2. Хоризонтална машина за цепене на дърва с неподвижен клин.
1 – клин, 2 – притискаща плоча, 3 – ръкохватки, 4 – основа

ВЪВЕДЕНИЕ

Машините за цепене на дърва основно се използват в дърводобивната промишленост, където обработвания дървен материал е в големи количества и е необходимо бързо да бъде обработен и подготвен във вид удобен за крайния потребител. Изработват се с цел да се намали човешкия труд, който се влага при цепенето на дърва. Също така намират приложение и в частния сектор, където употребата им не е така интензивна.

Машините за цепене на дърва биват два основни вида – с клин и с винт.

Първия вид машини, са машините за цепене на дърва с клин, които са хоризонтални или вертикалани [1]. На фиг. 1 е показана вертикална машина за цепене на дърва, а на фиг. 2 хоризонтална машина за цепене на дърва. При едните машини работния инструмент се подава вертикално, а при другите хоризонтално. Работния инструмент е клин, който може да бъде с един или няколко режещи ръба. Клина може да бъде подвижен или неподвижен.

Основен недостатък на тези машини е наличието на хидравлична система, която е сложна за обслужване. Характеризират се с ниска производителност.

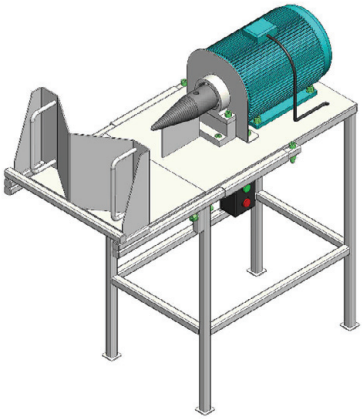
Втория вид машини са машините за цепене на дърва с винт [2]. На фиг. 3 и фиг. 4, са показани различни конструкции на машини за цепене на дърва с винт [3]. Работният инструмент представлява конусен винт с нарязана винтова повърхнина. Винтът извършва въртеливо движение. Тъй като винтът се върти с висока скорост, от гледна точка на

безопасност, тези машини се разработват с различни предпазни системи и подаващи устройства [4].

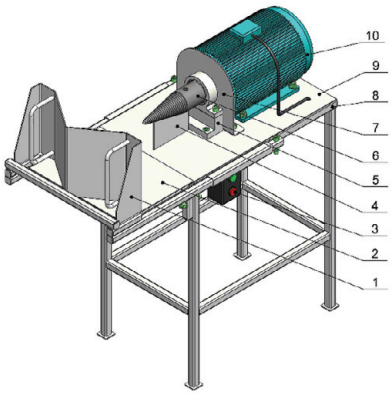
Основно предимство при тези машини са простата конструкция, която имат.

Фиг. 4. Машина за цепене на дърва с винт – с подаващо устройство

с



Фиг. 5. Машина за цепене на дърва с винт – общ вид



Фиг. 6. Машина за цепене на дърва с винт – съставни елементи

ИЗЛОЖЕНИЕ

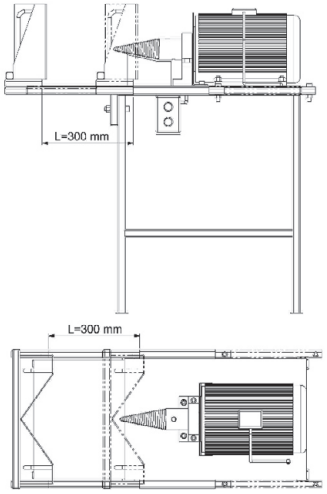
1. Разработване и устройство на машина за цепене на дърва с винт

На фиг. 5 е показан общия вид на разработената машината за цепене на дърва с винт. За разработването ѝ е използвана CAD системата SolidWorks.

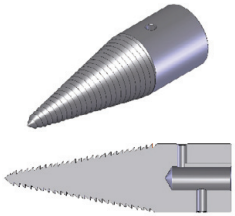
На фиг. 6 е показана машината с означени позиции на съставните ѝ елементи.

Състои се от основна рамка 8, плоча 9, върху която е установен електродвигател 10. Върху плочата е поставен лагерен възел 5, върху който се монтира инструмента за цепене на дърва, представляващ конусен винт 6. Въртящия момент на двигателя се предава чрез лагерния възел към винта. Двигателя трябва да е нискооборотен, до 1000 min^{-1} и с мощност не по-малка от 2.2 kW. Когато двигателя е високооборотен, е необходимо да се постави допълнително редуктор. Планка 4 предпазва разцеваното дърво да не се завърти, както и от навлизането на дървен материал между винта и плочата. Планка 7, предпазват двигателя от удари. Плота 2 се поставя, когато се използва машината. Той е подвижен с цел да се намали обема, който заема машината, като се премахва, когато тя не се използва. Закрепва се чрез винтове и гайки.

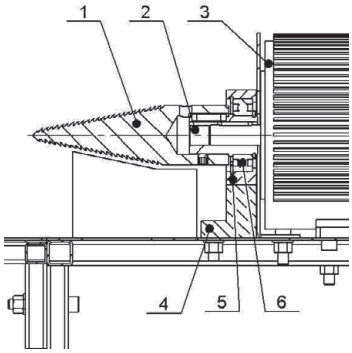
От гледна точка на безопасна работа при експлоатация на машината, е разработено и подаващо устройство 1. То представлява шейна, която се движи по



Фиг. 7. Подаващо устройство и дължина на работния ход



Фиг. 8. Работен инструмент – конусен винт



Фиг. 9. Лагерен възел

направляващи. Подаването на дървото се извършва чрез избутване на двете дръжки, като по този начин и двете ръце на оператора са ангажирани. На фиг. 7 е показан началния и крайния ход на подаващото устройство. Дължината на работния ход е 300 мм.

Управлението се извършва с контактор 3. Той има две положения – включено (падава се занхранване към електодвигателя) и изключено (прекъсва се захранването).

Работният инструмент представлява конусен винт с нарязана винтова повърхнина върху конусния участък – фиг. 8. Профила на винтовата повърхнина е трионовиден и с точно определени параметри.

2. Принцип на действие на машината за цепене на дърва с винт

Машината за цепене на дърва с винт служи за цепене на дърва с максимален диаметър до 300 мм.

Принципа на действие се състои в поставяне на дърво в подаващото устройство 1. След, което то се избутва до контакт с въртящия се конус 6. Първоначалния контакт трябва да е с удар. Конуса увлича дървото, като постепенно го разцепва. Стига се до момент, в който дървото се разцепва на две половини.

Дървата трябва предварително да бъдат нарязани на подходяща дължина, в зависимост от предназначението им.

3. Лагерен възел – предназначение и устройство

При този вид машини за цепене на дърва с винт, най-често инструмента се закрепва директно към електродвигателя. От конструктивна гледна точка, това опростява конструкцията на машината, но води до значително натоварване на електодвигателя. При цепенето на дърва се получава ударно натоварване в радиално и аксиално направление. Електродвигателя не е изчислен да понася такива натоварвания, затова лагерите на оста

му бързо се разбиват, което води до претоварването му и в даден момент той може да изгори. Тоест този вариант не е много удачен, защото се налага честа смяна на електродвигателя, което е икономически не е изгодно.

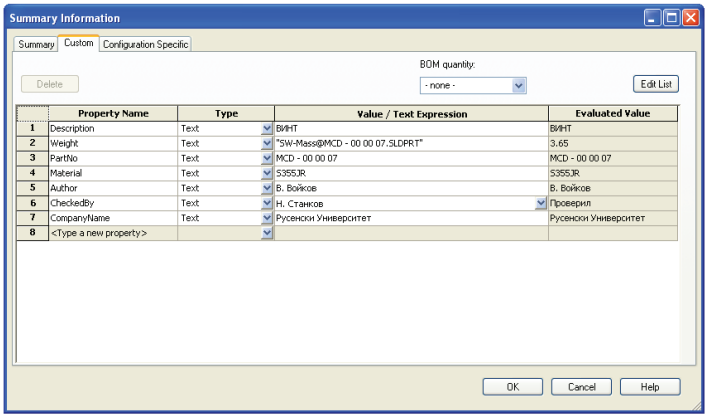
Затова при разработената конструкция на машината за цепене на дърва с винт, основен елемент се явява лагерния възел. Той служи за предаване на въртящия момент на електродвигателя 3 към инструмента, конусния винт 1. Състои се от основа 4, лагерно тяло 5. В лагерното тяло е установен радиално аксиален лагер 6. Въртящия момент се предава посредством преходна втулка 2. В единия край, на която е установен конусния винт, а в другия електродвигателя. Лагерния възел се явява преходен елемен между електродвигателя и инструмента. Той предпазва елетродвигателя от всякакви ударни натоварвания, които се получават при цепенето на дърва. Всички ударни натоварвания се понасят от лагерния възел.

4. Особености при моделирането на тримерните модели на машината за цепене на дърва

За изработването на рамките, които се използват в конструкцията на машината за цепене на дърва е използван модула Weldments. Той служи за създаване на заварени конструкции, чрез използването на тръби и на стандарни профилни елементи. Някои от тримерните модели на детайлите са разработени с модула за листов материал (Sheet Metal), по този начин се получава разгъвката им, необходима за предварителния разкрой на детайлите от листов материал. Всички стандартизирани детайли, като болтове, шайби, гайки, шпилки и др., са създадени чрез библиотеката (Toolbox) на SolidWorks. Зададени са и вида и марката на материалите на детайлите, като по този начин се получава информация за специфичното тегло за всеки един от тях и като цяло за самата сглобена единица.

За всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица, в прозореца Custom от меню File Properties, са зададени специфични параметри (потребителски атрибути) като име, номер, тип и вид на материала (марка на стоманата, листов, прътов или тръбен материал), вида обработка чрез която се получава детайла, номера на сглобената единица, към която принадлежи и др. (фиг. 10).

Тази информация е необходима при разработването на конструктивната документация, тъй като излиза автоматично на чертежите.



Фиг. 10. Потребителски атрибути, които се добавят за всеки един тримерен модел на детайл или сглобена единица

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В резултат на направеното може да се обобщи:

7. Разработена е специализирана машина за цепене на дърва с винт и подаващо устройство.

8. Добавен е лагерен възел, който предпазва електродвигателя от възникващите по време на цепене на дърва, ударни натоварвания.

9. Определени са параметрите на профила на винтовата повърхнина на конусния винт.

10. Чрез разработената машина значително се намалява усилието, което човек влага при цепене на дърва.

ЛИТЕРАТУРА

[12]. БДС EN 609-1:1999+A2 (EN 609-1:1999+A2:2009) - Земеделска и горска техника. Безопасност на машини за цепене на дървен материал. Част 1: Машини за цепене с клин.

[13]. БДС EN 609-2:1999+A1 (EN 609-2:1999+A1:2009.) - Земеделска и горска техника. Безопасност на машини за цепене на дървен материал. Част 2: Машини за цепене с винт.

[14]. *Hand Injury from Powered Wood Splitters: Machine Safety, Patterns of Use and Injury Events*, Aron Lindqvist, Olle Nilsson (Department of Surgical Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden). International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2011, Vol. 17, No. 2, 175–186.

[15]. *Hand Injury from Powered Wood Splitters,* Aron Lindqvist. Department of Surgical Sciences, Uppsala University, Uppsala, Sweden, 2010.

За контакти:

Велислав Любомиров Войков, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев",
e-mail: avtscho@yahoo.com

Гьокхан Неджат Наджи, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев",
e-mail: gyokonn@gmail.com

гл. ас. 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

доц. д-р инж. Александър Кирилов Иванов, Катедра ТММРМ, Факултет „Машинно-технологичен", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082/888 714,
e-mail: *akivanov@uni-ruse.bg*, *url:* http://rapidprototype.uni-ruse.bg/

Обработване на дълбоки отвори с комбинирани инструменти

автори: Мартин Стефанов, Павел Петров
научен ръководител: проф. д-р Михаил Кършаков

Abstract: *A working scheme of a cutting tool for combined machining of deep holes through boring and surface plastic deformation has been substantiated. The design and the action of the combined cutting tool that implements the proposed scheme have been described.*

Key words: *boring, surface plastic deformation, self-centering, balancing, productivity, quality, accuracy, roughness, mode*

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.

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.

С нарастване на дължината на отворите проблемите, възникващи при обработването им се усложняват и най-често се решават чрез използване на разстъргващи инструменти, които се направляват по обработената повърхнина. При това се търси такова разположение на режещите части на инструментите, че радиалните сили на рязане да се уравновесяват в системите на инструмента и заготовката [3]. Едно от най-разпространените и надеждни решения в това отношение е използването на подвижен двуножов блоков, снабден с режещи части с еднаква геометрия, разположени една спрямо друга на 180^0 [1].

При подвижни двуножови блокове колебанието на прибавката почти не се отразява на размера на динамичното настройване, което е важно условие за постигането на висока точност на размера и формата в напречно направление. Най-съществена от тях е срещуположните едноименни точки от глалвните режещи ръбове да лежат в равнини, перпендикулярни на оста на въртене. На практика посочената предпоставка не се реализира и единият от главните режещи ръбове се включва в рязането по-рано, изпреварвайки другия с големината на разместването им в осово направление. Това води до разширяване на обработения отвор, изразяващо се в нарастване на диаметъра му спрямо размера на статичното настройване на плаващия блок.

В повечето случаи това разширяване се счита за недостатък, тъй като не може да се регламентира и е известно още като "разбиване" на отвора [6]. При дълбоки отвори разширяването на отвора може да разреши един сериозен проблем на разстъргването – изваждането на инструмента от обработения отвор без да останат следи от надирания по повърхнината, компрометиращи постигнатото качество. Това е особено актуално при комбиниране на разстъргването с ППД.

ИЗЛОЖЕНИЕ

При комбинирано обработване точността на диаметъра на отвора се формира от режещата (разстъргващата) част на инструмента [4].

Праволинейността на действителната ос на обработения отвор зависи от чувствителността на блока към нарушаване на динамичното му равновесие под действие на силите на рязане. Тя се определя от големината на силата на триене $F_{тр}$ между блока и неговите направляващи в борщангата, определима чрез зависимостта [5]

$$F_{TP} = 2\mu\left(\frac{L_H}{\ell}\cdot F_C + F_f\right) \qquad (1)$$

където F_c и F_f са съответно тангенциалната и осовата сили на рязане за една от пластините;

μ – коефициент на триене между направляващите и блока;

$L_н$ – размер на статичното настройване на блока;

l – дължина на направляващите в борщангата.

При подвижен блок, самоустановяващ се чрез транслация, за осъществяване на преместване е необходимо да бъде изпълнено условието

$$\Delta F_p > F_{тр}, \qquad (2)$$

където ΔF_p е разликата между радиалните сили на рязане при всяка от двете режещи пластини [2] .

В хода на обработването разликата ΔF_p

възниква главно в резултат от нееднаква степен на износване на пластините и от кръстосване на моментното направление на подавателното движение на блока с оста на симетрия на отвора на заготовката.

Съгласно (2) чувствителността на блока към промяна на условията на рязане за коя да е от двете пластини е толкова по-висока, колкото по-малко е съпротивлението му от триене по установъчните повърхнини. От зависимост (1) се вижда, че то се формира от две компоненти на силата на рязане и следователно нараства с утежняване на режима на рязане. Очевидно е, че същевременно възниква и лявата част на неравенство (2), но като резултат от промяна само на една компонента – радиалната сила на рязане. Тази неравностойност води до ограничаване на чувствителността на подвижния двуножов блок, самоустановяващ се чрез транслация, който се използва масово при инструментите за комбинирано обработване на отвори.

За да се намали вредното влияние на този недостатък върху точностните характеристики на дълбоките отвори се предлага усъвършенствана конструкция на инструмент за комбинирано обработване, показан на фиг.1 [1].

Режещата част I (фиг.1.а) включва корпус 1, присъединен неподвижно към вал 15 посредством винт 5, шайба 7 и шпонка 10. В задния край на корпуса 1 е закрепена разделителна шайба 6, а в предния му край, чрез ос 2, в светъл канал с правоъгълно сечение 4, е присъединено подвижно тяло 3 на двуножов подвижен блок с трапецовидна форма и срещуположно разположени, сменяеми режещи пластини 19, закрепени чрез винтове 23 и разместени в осово направление на разстояние $X_0 \geq X_{гр}$ съгласно формулата [5]

$$X_{гр} = \frac{f}{2} + \frac{L_н - D_0}{3tg\kappa_r} \quad , \qquad (3)$$

където f е скорост на подавателното движение (подаването) на инструмента, mm/rev;

D_0 – диаметър на отвора на заготовката;

κ_r - главен установъчен ъгъл на режещите пластини.

Избраното по форм.3 осово разместване осигурява максимално нарастване на диаметъра на отвора след разстъргване спрямо размера на статичното настройване на режещия блок.

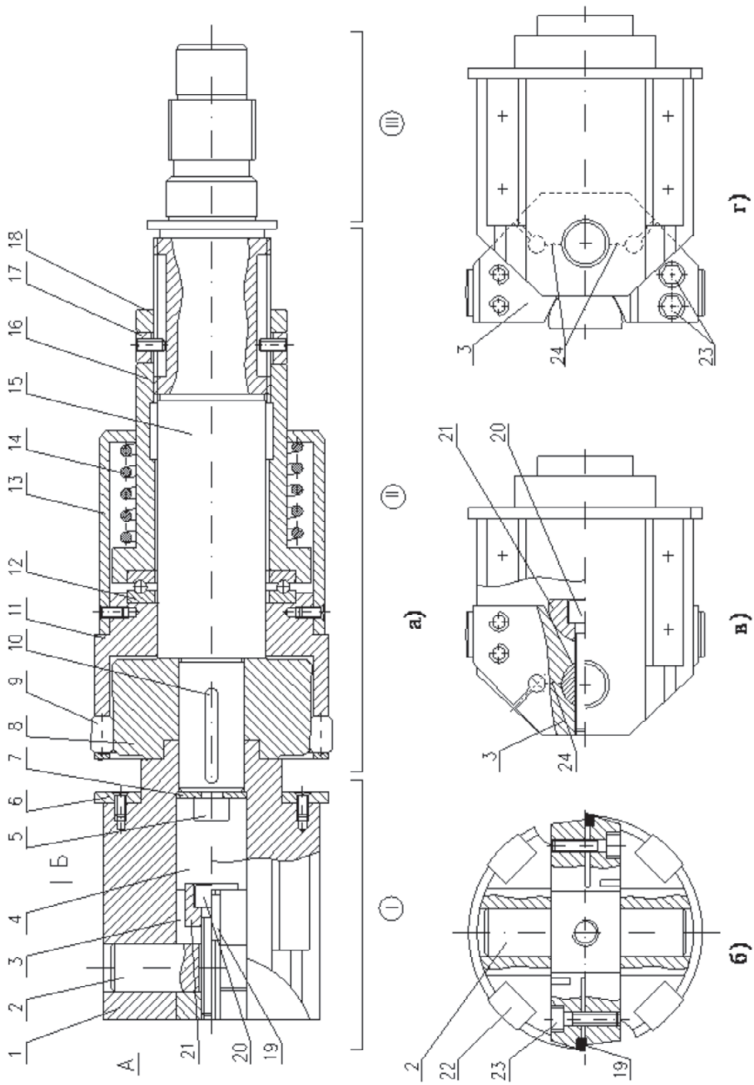
Устройството на подвижния блок включва още цилиндричен клин 21 и регулиращ винт 20, който преминава свободно през оста 2 и се завива в тялото 3, предназначени за настройване на режещите пластини 19 на размер и за осигуряване на висока радиална стабилност на тялото 3.

Деформиращата част II съдържа опорна конусна втулка 8, неподвижно присъединена към вала 15 чрез шпонката 10, корпуса 1, винта 5 и шайбата 7, конусни деформиращи ролки 9, разположени равномерно и с хлабина в сепаратор 11, притежаващ възможност за свободно въртене около вала 15, благодарение на аксиален лагер 12, към който сепараторът 11 е притиснат постоянно чрез кожух 13 и пружина 14. Специална регулираща гайка 16, завинтена към вала 15, служи за упор на аксиалния лагер 12 и за настройване на деформиращата част и се фиксира чрез законтряща гайка 18 и разделителен пръстен 17.

Чрез присъединителната си част III инструментът се сглобява към началото на цилиндричен прът, краят на който е установен към надлъжния супорт на стругова машина. Тялото 3 на двуножовия плаващ блок се завърта в неработно състояние (фиг.1.г) и с помощта на регулиращия винт 20 и цилиндричния клин 21 срещуположните режещи пластини 19 се раздалечават за сметка на регламентирано еластично деформиране на отслабените сечения 24 (фиг.1.в) на тялото 3 до получаване на разстояние между върховете им, съответстващо на работния настроечен размер на режещата част. Блокът се завърта в работно положение (фиг.1.в).

След развиване на законтрящата гайка 18 специалната регулираща гайка 16, заедно с пружината 14, кожуха 13, аксиалния лагер 12 и сепаратора 11 се преместват в осево направление и деформиращите ролки 9 заемат положение върху опорната конусна втулка 8. То е съответстващо на работния настроечен размер на деформиращата част, равен на диаметъра на описаната около големия диаметър на ролките 9 окръжност.

Чрез входяща, направляваща втулка инструментът се въвежда в обработвания отвор на въртящата се заготовка със скоростта на подавателното движение, при което ПДБ влиза в контакт с повърхнината на заготовката чрез неметални направляващи 22 (фиг.1.б) и той продължава през целия процес на разстъргване. В началния момент на този процес тялото на подвижния режещ блок 3 се самоустановява чрез завъртане на оста 2 спрямо корпуса 1 под действието на радиални и осеви сили, възникващи в точките на първоначален контакт на режещите пластини 19 с отвора на заготовката. След врязване на пластините настъпва динамично равновесие на блока поради изравняване на радиалните сили на рязане и на моментите, създавани от осевите сили на рязане. Ако това равенство се наруши, което е възможно по различни причини, тялото 3 на подвижния блок се завърта (самоустановява) заедно с оста 2 до осъществяване на ново равновесно състояние. Включването на осевите сили в условията за постигане и поддържане на това състояние намалява времето между самоустановяванията, което е признак за по-висока чувствителност. При навлизане на деформиращата част в обработвания



Фиг.1. Инструмент за комбинирано обработване отвори на хидравлични цилиндри с осово разместени режещи пластини:

а) – общ вид; б) – поглед на режещата част по А; в) – работно положение на подвижния блок; г) – неработно положение на подвижния блок

отвор деформиращите ролки 9 осъществяват контакт с повърхнината му, което ги принуждава да извършват планетарно движение, търкаляйки се по опорната конусна втулка 8 и въртейки се около собствените си оси в състояние на стегнатост, породена от разликата между работния настроечен размер на деформиращата част и диаметъра на отвора, получен от разстъргването.

След завършване на обработването инструментът се изтегля чрез бърз ход от отвора, при което деформиращите ролки 9, заедно със сепаратора 11 и кожуха 13 се преместват към малкия диаметър на опорната втулка 8 от осевите сили на триене между ролките 9 и обработваната повърхнина, свивайки пружината 14, която след като ролките напуснат отвора, възстановява настроеното положение на деформиращата част. При изтегляне на инструмента заготовката продължава да се върти, при което по обработената повърхнина не остават следи, за което допринася малката сила на пружината 14.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описаната конструкция на инструмент за комбинирано обработване е реализирана и тествана в производствени условия за обработване отворите на хидравлични цилиндри с диаметри 90 и 100 mm, в резултат от което могат да се формулират следните изводи и препоръки:

1. Осовото разместване на срещуположно разположените режещи пластини на подвижния двуножов блок създава възможност за опростяване на конструкцията и експлоатацията на комбинираните инструменти, тъй като отпада необходимостта от съществуването на механизъм за радиално преместване на режещите и деформиращите елементи в началото и края на комбинирания преход

2. Създаването на двуножов подвижен блок със самоустановяване чрез ъглово завъртане спрямо държача е успешен опит за увеличаване на чувствителността на блока към нарушаване на равновесното му състояние, тъй като в условието за равновесие освен на радиалните се включва и действието на осовите сили на рязане. Тяхното влияние върху чувствителността нараства с увеличаване на главния установъчен ъгъл и номиналния диаметър на отвора

3. Съчетаването на осово разместване на режещите пластини с ротационно самоустановяване на блока способства за увеличаване на производителността на обработването чрез намаляване на разхода на спомагателно време при реализиране на един работен цикъл, тъй като не се извършват допълнителни действия върху деформиращата и режещата части, а смяната на пластините и настройването им на размер става без свалянето на блока от инструмента

4. При този инструмент е за предпочитане режещите пластини да са с кръгли режещи ръбове. Причината за това е начинът на самоустановяване на блока и необходимостта от малки установъчни ъгли. При пластини с прави режещи ръбове и наличието на несъосие между блока и отвора на заготовката съществува възможност (в резултат от завъртане на блока) едната пластина да остане с много малък главен, а срещуположната ѝ – с нулев спомагателен установъчен ъгъл. При пластини с кръгли режещи ръбове тази възможност може да се реализира само частично при нереално голямо осово разместване

ЛИТЕРАТУРА

[1] Георгиева Н.А., М.К. Кършаков, П.П.Петров. Инструмент за комбинирано обработване на дълбоки отвори. BG 65717**,** 2009.

[2] Георгиева Н.А. Обработване на хидравлични цилиндри чрез комбинирани инструменти. Дисертация, София ,юни, 2009.

[3] Григоров В.И., М.К.Кършаков, С.В.Костадинов Особености на схемните варианти за комбинирано обработване на гладки валове. Научни трудове на РУ"А.Кънчев", Русе, т.XXXXI, 2004, с.139-146.

[4] Дубовик В.А., С.В.Кирсанов Профиль отверстий обработанных плавающюими двухлезвийными расточными блоками, В.Машиностроения, №2, 1999.

[5] Кършаков М.К., Теоретико-експериментално разработване основите на комбинираното обработване на дълбоки отвори чрез рязане и ППД, Хабил.труд, София, 2009.

[6] Плешивцев В.В. Самоустанавливающаяся развертка// Машиностроитель. 1983, №1, с.32

За контакти:

Проф. д-р Михаил Кършаков, Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет „А.Кънчев", тел.:082-888-309, e-mail: mkarshakov@uni-ruse.bg

Инструменти за повърхностно пластично деформиране с радиално подаване

автор: Исмаил Исмаилов, Павел Петров
научен ръководител: проф. д-р Михаил Кършаков

Abstract: *All surfaces which are part of the configuration pf workpieces are machined through Surface Plastic Deformation (SPD). The SPD tools with axial feed of the deforming elementsiin relation to the machined surface are the most widely applied. Their implementation for short and precise openings with grooved surfaces is complicated due to the materialization of an end effect that limits the efective working area of the opening. In such cases, tools with radial feed of the deforming elements can be used. The article presents the design of such a tool.*

Keywords*: Surface Plastic Deformation (SPD), tool for SPD, axial feed, radial feed, structural elements*

ВЪВЕДЕНИЕ

Инструментите за ППД се използват за обработването на всички елементарни повърхнини, от които са съставени детайлите (цилиндрични, конусни, равнинни, профилни), но най-голямо приложение са получили тези за обработване на дълги гладки отвори. Те се характеризират с осово подаване на деформиращите елементи спрямо обработваната повърхнина.

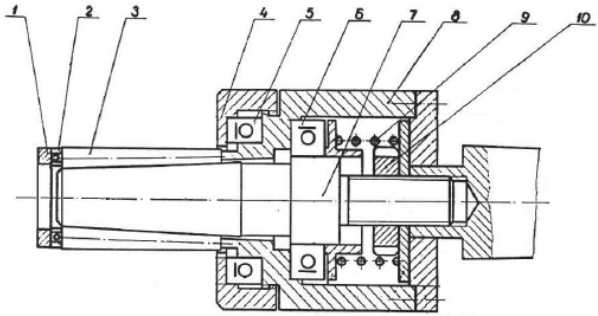
Обработването чрез ППД на къси точни отвори (L/D ≤ 5) с този вид инструменти е затруднено. Една от причините е получаването на значителен краищен дефект (увеличение диаметъра на отвора при челата на детайла), който намалява полезната работна площ от повърхнината на отвора [4]. Съществува и номенклатура от детайли, отворите на които са с прекъснат и незатворен контур (канали, прозорци и други), за които инструментите с осово подаване са неприложими. В този случай възниква необходимостта от използването на инструменти с радиално подаване на деформиращите елементи.

При инструментите с радиално подаване също е установено наличието на краищен дефект, който намира проявление само в близост до челата на отвора, като обхваща значително по-малки зони [1]. Контактното взаимодействие между деформиращите ролки и обработваната повърхнина по цялата дължина на отвора обуславя практическото отсъствие на краищен дефект в зоните на прекъсване на вътрешната цилиндрична повърхнина.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Конструкцията на инструмент с радиално подаване на деформиращите ролки включва (фиг.1) вал 7 с конусна работна част, върху който е монтиран чрез лагер 6, сепаратор 8, поддържащ конусни деформиращи ролки 3, дължината на които съответства на дължината на обработваната повърхнина на отвора. Върху сепаратора 8 е поместена опорна втулка 4 и аксиален лагер 5, които ограничават свободното осово преместване на инструмента при празен ход в началото на работния цикъл. Работният размер на инструмента се задава чрез гайка 10, изпълняваща функциите на регулируем в осово направление твърд упор.

Инструментът може да работи по две схеми – въртяща се заготовка при неподвижен вал и обратно.



Фиг.1. Инструмент за ППД с радиално подаване

.

Преди започване на работния цикъл, под действието на пружината 9 опорният конус се намира в крайно дясно положение, при което деформиращите ролки лежат върху малките му диаметри. При това положение инструмента има работен размер, по-малък от долния граничен размер на обработвания отвор. В хода на свободното осово преместване на инструмента работната му част навлиза в отвора до момента, в който челото на детайла влезе в контакт с втулката 4. Следващото осово придвижване води до радиално подавателно движение на деформиращите ролки. Последното завършва в момента, в който гайката 10 достигне до втулката пред лагера 6. Изваждането на инструмента се извършва на бърз ход в обратната последователност, чрез смяна на посоката на преместването, при което под действие на пружината 9 опорния конус заема изходното си положение.

В процеса на обработването елементите на инструмента взаимодействат както помежду си, така и с обработвания детайл. При това те участват в съответни кинематични и динамични връзки, които налагат обвързаност на геометричните параметри на инструмента, елементите на режима и условията за реализация на довършващото обработване.

Обработването на непрекъснати отвори допуска конкуренция между инструментите работещи по схеми с осово и радиално подаване.

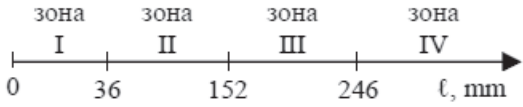
Засегнатата от краищния дефект дължина на образуващата на отвора при инструментите с осово подаване възлиза на удвоената дължина на контактното петно, която се колебае в границите от 3,8 до 6,6mm [4], при което трябва да се отчете, че относителният й дял спрямо общата дължина на отвора не трябва да надвишава 5%.

За инструментите с радиално подаване зоната на генериране на краищния дефект се колебае в границите от 0,4 до 0,9mm [1]. Въз основа на изложените съображения са определени интервали от дължини на отворите, при които е възможно обоснованото използване на един или друг тип инструменти - фиг.2.

От обособените зони на приложимост безспорно е използването на инструменти с осово подаване за дължини, попадащи в зона IV.

Зона III е преходна и допуска използването и на двата типа инструменти.

При дължини на отворите попадащи в зона I се препоръчва използването на инструмент с радиално подаване, като възможните съчетания от дължини и диаметри се определя от съображения за минимална стойност на малкия диаметър на конусната деформираща ролка. Той не трябва да бъде по-малък от 4mm, тъй като е необходимо осигуряването на минимална дебелина на стената на сепаратора и възможност за регулиране размера на инструмента в зависимост от разположението на допусковото поле на диаметъра на обработвания отвор.



Фиг.2. Зони на приложимост

Тогава минималният диаметър на отвора (фиг.3 а), който може да се обработи, се определя от зависимостта

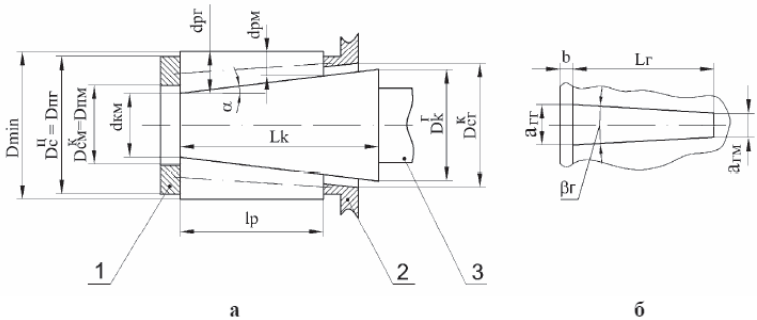
$$D_{\min} \geq d_{км} + 2d_{рг} \text{ , mm.} \quad (1)$$

където $d_{км}$ е малкият диаметър на опорния конус, mm;
$d_{рг}$ - големият диаметър на конусните ролки, mm.

Големият диаметър на деформиращите ролки е

$$d_{рг} = d_{рм} + 2l.tg\frac{\alpha}{2} \text{ , mm,} \quad (2)$$

където: $d_{рм}$ е малкият диаметър на конусната ролка, mm;
l - дължината на отвора, mm;
α - ъгълът на наклона на конусната част на вала, deg



Фиг.3. Схема на разположение на ролките в сепаратора и конуса

Работната дължина Lk на опорния конус 3 (фиг.3 а) трябва да позволява реализирането на контакт по цялата дължина на образуващата на деформиращите ролки при осъществяване на осовото преместване, т.е.

$$L_k = l_p + L_o + (3 \div 5) \text{ , mm .} \quad (3)$$

За определяне диаметралните размери на конусната част на вала се използват зависимостите (фиг.3 а)

$$d_{км} = D_{\min} - 2d_{рг}.\cos\frac{\alpha}{2} \text{ , mm ,} \quad (4)$$

$$d_{kг} = d_{км} + 2L_k tg\alpha \text{ , mm .} \quad (5)$$

Диаметърът на външната цилиндрична повърхнина на сепаратора, в съответствие с изискването за наличие на хлабина между нея и повърхнината на обработвания отвор, е определим от израза

$$D_c^y = D_{\min} - 1 \text{ , mm .} \quad (6)$$

Диаметралните размери на вътрешната конусна повърхнина на сепаратора са в зависимост от тези на опорния конус Малкият k см D и големият k сг D диаметри на вътрешната конусна повърхнина са определими по формулите

$$D_{cм}^k = D_{\min} - 2d_{рг}\cos\frac{\alpha}{2} + 1 \text{ , mm ,} \quad (7)$$

$$D_{сг}^k = D_{\min} - 2d_{рм}\cos\frac{\alpha}{2} + 1 \text{ , mm .} \quad (8)$$

Осовата дължина на вътрешната конусна повърхнина е определима чрез формулата

$$L_c^k = \left(d_{рг} - d_{рм}\right)\cos\frac{\alpha}{2}\cdot\frac{1}{tg\alpha} \text{ , mm .} \quad (9)$$

Линейните *параметри на гнездата за ролките* включват дължина $L_г$, малка $a_{гм}$ и голяма $a_{гг}$ ширини, а ъглов параметър се явява ъгълът между двете равнинни странични стени на гнездото $\beta_г$ (фиг.3 б). От геометрични съображения изброените параметри са определими по формулите

$$L_г = l_p + \Delta \text{ , mm ;} \quad (10)$$

$$a_{гм} \geq d_{рм} + \Delta \text{ , mm ;} \quad (11)$$

$$a_{гг} \geq d_{рг} + \Delta \text{ , mm ;} \quad (12)$$

$$\beta_г = 2arctg\frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos^2\frac{\alpha}{2}} \text{ , rad} \quad (13)$$

където Δ е хлабината, осигуряваща подвижна сглобка между деформиращите ролки и гнездата на сепаратора, 0,5 mm.

Размерите на останалите детайли на инструмента се определят конструктивно в зависимост от избраната схема за обработване и вида на технологичната машина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Обосновани са критериите за приложение на инструментите за ППД с осово и радиално подаване и са определени областите и степента на препоръчително използване.

2. Изведените зависимости за определяне размерите на съществените детайли от конструкцията на инструмента за ППД с радиално подаване позволяват да се автоматизира техническата подготовка на довършващото обработване на късите и точни отвори и на отворите с прекъснати повърхнини.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Костадинов В. С., Относно краищния ефект при инструменти за ППД с радиално подаване. Научни трудове на ВТУ „А.Кънчев", Русе, т.XXVI, 1986.

[2] Костадинов В.С., Към кинематиката на инструмент за повърхностно пластично деформиране с конусни деформиращи ролки и радиално подаване. Научни трудове на ВТУ „А.Кънчев", Русе, т.XXVI, 1986.

[3] Костадинов В.С., Силови фактори при инструменти за ППД с конусни деформиращи ролки, работещи с радиално подаване. Научни трудове на ВТУ „А.Кънчев", Русе, т.XXVI, 1986.

[4] Сучков А.Г. В.С.Костадинов, Краищен ефект получаван при инструменти за ППД работещи с осово подаване. Научни трудове на ВТУ „А.Кънчев", Русе, т.XXVI, 1986.

[5] Сакакушев Б.Б., М.К.Кършаков, В.И.Григоров. Експериментално изследване на силовото и трибометричното взаимодействие в системата инструмент-заготовка при инструментите за ППД с радиално подаване. Сп. Известия на СУ-Русе, сер.Технически науки, кн.1(3), 2000, с.46-48

За контакти:

Проф.д-р Михаил Кършаков, Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет „А.Кънчев", тел.:082-888-309, e-mail: mkarshakov@uni-ruse.bg

Изследване точността на статично настройване на струг с ЦПУ при обработване на стъпален вал и получаване на линеен размер, зададен от дясно чело

автор: Виктория Карачорова, Цветан Иванов
научен ръководител: Димитър Димитров

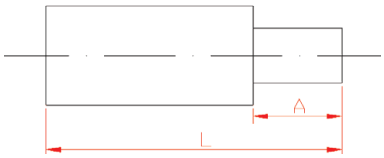
Abstract: Study of static accuracy adjustment CNC lathe to the processing of tap shaft and receiving linear dimension specified by the right face. *When processing tap shaft by CNC lathe is applied automatically receive dimensions. When technological base does not match with the design then arises error-based. This error reduces the available technological tolerance. The choice of a scheme for establishment and how to set it can be justified to achieve the minimum value of the imported random error..*
Key words: *accuracy, static adjustment, CNC lathe.*

Въведение

При механично обработване на детайли в условията на серийно производство основно се използват настроени на размер машини и се прилага т.нар. автоматично размерообразуване. В такъв случай за получаваните размери стремежът е технологичната база да съвпада с конструкторската (измервателната). В противен случай възниква грешка от базиране, която "изяжда" част или изцяло допуска на размера [1,2,3].

Формулиране на проблема

Практиката показва, че оразмеряването на детайлите не винаги е съобразено с оглед въвеждането на предполагаемите технологични бази и в резултат не е възможно спазването на горната препоръка. Такъв типичен случай се среща при струговане на вал на струг с ЦПУ, когато е необходимо да се обработва стъпало и прилежащо чело, чието положение е зададено с линеен размер А (фиг.1.0) спрямо крайно дясно чело, което от своя страна често пъти не е възможно или не е предвидено да бъде обработвано (и превърнато в настроечна технологична база) при същото установяване (размерът L е получен преди това). Възможните решения за настройване на технологичната система (ТС), с които разполага технологът следва да бъдат анализирани, сравнени и да бъде избрано онова от тях, което е икономически целесъобразно при конкретните условия. Основните показатели, въз основа на които би могло да се направи оценка, сравнение и избор на възможните решения са точност, производителност и себестойност, както и по някои допълнителни показатели като надеждност, възможности за автоматизация и др. В зависимост от приоритетите анализът по изброените показатели може да се осъществи само по един от тях, или по група показатели когато целта е постигане на оптимизация.



Фиг. 1.0 Типичен случай на оразмеряване на вал

Изложение

Ако избраният показател е единствено осигуряване точността на обработване във функция от настройването на ТС при анализа на вариантите следва да се отчете влиянието на всички фактори, които внасят грешка при формирането на зададения размер А. Предполага се, че въздействието на систематичните фактори може да се установи (или предвиди) и компенсира. Следователно те могат да се

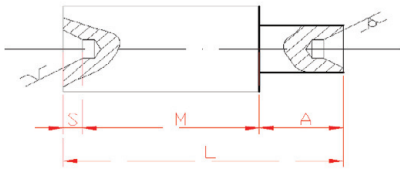
изключат при анализа. Тогава, в общия случай, може да се приеме, че полето на грешката ω_A на размера А се формира от обобщеното действие на съвкупност от n на брой случайни фактори и грешки, представени чрез съответните им вероятностни полета на разсейване (доверителни интервали) ω_i:

$$\omega_A = f(\omega_1, \omega_2, ..., \omega_n) \qquad (1.0)$$

С цел опростяване на анализа за разглежданите варианти се приема, че обработването се осъществява само с един режещ инструмент, без завъртане на револверната глава на струга.

1. Установяване между центри

Схемата е удобна при обработване на дълги валове със зададени изисквания за допустими отклонения в разположението на стъпалата, когато е допустимо или предвидено да се свредловат центрови отвори в крайните чела на заготовката (фиг.1.1). Както е известно поради неспазване на принципа за съвместване на базите полето на грешката ω_A на размера А се получава от размерна верига, в която той е затварящо звено и зависи от разсейването ω_L и ω_S на предварително получените размери L и S. В случая може да се приеме, че полетата на разсейване са равни на зададените допуски $\omega_L=T_L$ и $\omega_S=T_S$, а те по принцип са по IT12÷14, т.е големи. Грешката, която се допуска при начално настройване положението на твърдия център е с поле ω_M, но впоследствие има систематично постоянно въздействие и за партидата може да се приеме, че е нула, т.е. за размера М допускът T_M е нула. Освен разсейването на размерите L и S обаче влияние ще оказва и случайната грешка с поле $\omega_{поз.п.Z}$ от позициониране на супорта на струга по ос Z в точката за подрязване на челото:

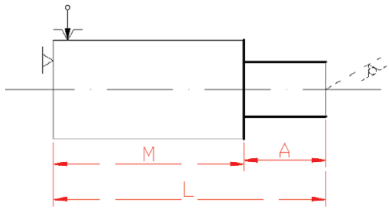


Фиг. 1.1 Установяване между центри

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_L, \omega_S) \qquad (1.1)$$

2. Установяване в патронник

При тази схема крайното ляво чело се използва за опорна технологична база на заготовката (фиг1.2). Както и при предната схема при формиране на полето ω_A за размера А участва допускът $\omega_L=T_L$ на габаритния размер L и случайната грешка от позициониране за подрязване с поле $\omega_{поз.п.Z}$. Освен тях влияние оказва и случайната грешката при закрепване на заготовката в патронник с поле $\omega_{закр.}$, която в зависимост от принципа на действие, качеството и състоянието на патронника може да варира в широки граници:

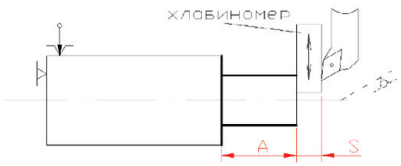


Фиг. 1.2 Установяване в патронник

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_L, \omega_{закр.}) \qquad (1.2)$$

3. Въвеждане на проверочна база в крайно дясно чело с помощта на хлабиномер

Този вариант е възможен както при установяване в патронник и заден център, така и между центри, но и в двата случая възникващата в левия край на заготовката опорна база не се използва в размерообразуването. Задаването на проверочна база в крайното дясно чело става с помощта на шаблон - хлабиномер, който трябва да е с предварително определен размер, означен с S на фигура 1.3. Настройването се осъществява индивидуално за всеки детайл в режим „ръчно управление на преместванията" на супорта по ос Z напр. чрез импулсния генератор на машината.



Фиг. 1.3 Настройване с шаблон – хлабиномер

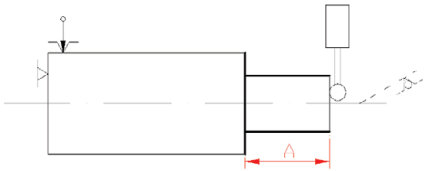
Инструментът се премества към челото на заготовката като същевременно операторът ръчно осъществява непрекъснато възвратно-постъпателни движения с шаблона. Когато хлабината между инструмента, шаблона и заготовката стане нула, което се усеща като съпротивление при движението на шаблона, преместването по ос Z се преустановява. За да се съкрати разхода на време първоначално по програма инструментът позиционира в точка, която е близо до челото на заготовката.

След постигане на „нулева" хлабина работата продължава по програма като автоматично се въвежда компенсация за положението на дясното чело на заготовката. При този вариант във формирането на полето на грешката ω_A за размера А се включва случайната грешка от позициониране за подрязване с поле $\omega_{поз.п.Z}$. Освен това при установяване на момента, в който хлабината е нула се допуска случайна грешка с поле $\omega_ш$, която зависи от субективната преценка на оператора и избраната дискретност (стъпка) на импулсния генератор:

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_{ш.}) \qquad (1.3)$$

4. Въвеждане на проверочна база в крайно дясно чело чрез контактни координатни измервания с измервателна глава

Преди обработване за всяка заготовка се установява положението на дясното й чело чрез контактни координатни измервания с помощта на трикоординатна измервателна глава (ТИГ), установена в някое от инструменталните гнезда на револверната глава (фиг1.4). Измерването е осъществимо и при използване на заден център. В случая полето на грешката ω_A включва случайната грешка от позициониране за подрязване с поле $\omega_{поз.п.Z}$, сумарната случайна грешка при координатните измервания с поле $\omega_{к.и.}$ както и случайната грешка с поле $\omega_{п.р.г.}$ от позициониране при всяко необходимо завъртане на револверната глава ако ТИГ и инструмента са на различни позиции в револверната глава:

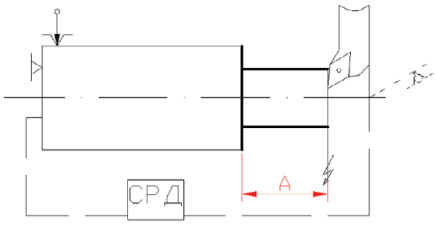


Фиг. 1.4 Въвеждане на проверочна база с ТИГ

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_{к.и}, 2.\omega_{п.р.г}) \qquad (1.4)$$

5. Въвеждане на проверочна база в крайно дясно чело чрез система за регистриране на докосване

Ако машината разполага със система за регистриране на докосване (СРД) между заготовката и режещия инструмент от типа на разработената в Русенски университет от доц. д-р Г. Ненов би могло да се установи положението на дясното чело на заготовката. При настройването е необходимо заготовката да се върти, а режещият инструмент да има възможност да позиционира радиално пред челото й на „дълбочина" по-голяма от радиуса при върха му (фиг.1.5). За този вариант в ω_A се включват случайната грешка от позициониране за подрязване с поле $\omega_{поз.п.Z}$ и сумарната случайна грешка на СРД с поле $\omega_{С.Р.Д.}$.



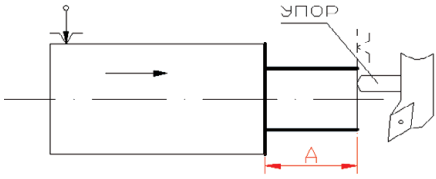
Фиг. 1.5 Въвеждане на проверочна база със СРД

Полето на тази грешка зависи от подавателната скорост на супорта по ос Z и закъснението при обработване на сигнала от докосване, а също и от челното биене и грапавостта на заготовката:

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_{С.Р.Д}) \qquad (1.5)$$

6. Въвеждане на условна опорна база в крайно дясно чело с помощта на подвижен упор

Подходът е подобен на този при използване на автоматично прътово подаващо устройство и подвижен упор, който в случая е установен на подходящо място върху револверната глава. За да се избегне едно завъртане на револверната глава и съответната внасяна грешка от това ако е възможно вместо специален упор се използват повърхнини от револверната глава или от тялото (не и режещата пластина) на инструмента (Фиг.1.6).



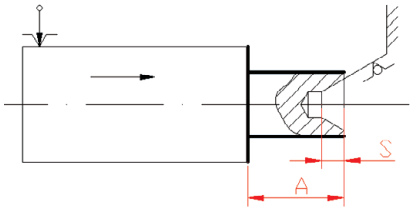
Фиг. 1.6 Въвеждане на условна опорна база с упор

При този вариант ω_A включва както случайната грешка от позициониране при подрязване на челото с поле $\omega_{поз.п.Z}$, така и тази при позициониране по ос Z на упора $\omega_{поз.у.Z}$. В повечето случаи може да се приеме, че те са равни, т.е. $\omega_{поз.у.Z}=\omega_{поз.п.Z}$. Случайната грешка при закрепване на заготовката е с поле $\omega_{закр.}$. Тя се проявява след отдръпване на упора и е резултат от освобождаването на натрупаната потенциална енергия от еластичните деформации в технологичната система по време на закрепването. Може да се приеме, че полето на грешката $\omega_{закр}$ е аналогично на това при вариант 2. Ако упорът и ножът са в различни позиции на револверната глава следва да се включва и случайната грешка от позициониране при всяко нейно завъртане с поле $\omega_{п.р.г.}$:

$$\omega_A = f(2.\omega_{поз.п.Z}, \omega_{закр.}, 2.\omega_{п.р.г}) \qquad (1.6)$$

7. Въвеждане на опорна база в десния центрови отвор с помощта на задния център

Когато положението на задния център е фиксирано десният центрови отвор може да се използва за опорна база. За целта заготовката се установява първо по центровия отвор (Фиг. 1.7).



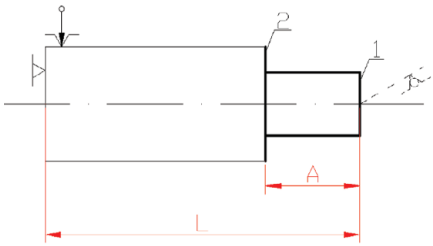
Фиг. 1.7 Опорна база в десния центрови отвор

Закрепването в патронника се осъществява при непрекъснато поддържане на контакта между центровия отвор и задния център. Полето ω_A зависи от $\omega_{поз.п.Z}$ при позициониране и от ω_S - разсейването по дълбочина на центровия отвор:

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z}, \omega_S) \qquad (1.7)$$

8. Въвеждане на настроечна технологична база в дясното чело

Вариантът е приложим ако е възможно да се осъществи подрязване на дясно чело (фиг.1.8, поз.1), при което се уточнява размера L и се въвежда настроечна технологична база в дясно чело. Полето на грешката ω_A ще зависи от полетата на грешките при позиционирането за подрязване на чела 1 и 2, които в повечето случаи може да се приемат за равни:



Фиг. 1.8 Въвеждане на настроечна база

$$\omega_A = f(\omega_{поз.п.Z1}, \omega_{поз.п.Z2},) \qquad (1.8)$$

Обобщение

Известно е, че всички разгледани до тук фактори, внасящи грешка при настройването на ТС за получаване на размера А са независими случайни величини с доказано нормален закон на разпределение. В такъв случай тяхното сумиране е вероятностно и следва да се представи с израз от вида:

$$\omega_A = \frac{1}{K_\Sigma}\sqrt{(k_1.\omega_1)^2 + ... + (k_n.\omega_n)^2} \qquad (1.9)$$

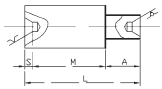
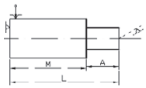
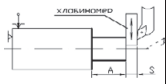
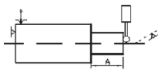
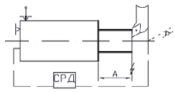
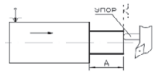
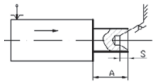
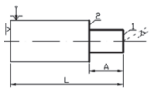
Работи се с доверителна вероятност P=0,9973.

При такива условия коефициентите $1/K_\Sigma$ и k_i имат стойност единица, а 1.9 приема вида:

$$\omega_A = \sqrt{\omega_1^{\,2} + ... + \omega_n^{\,2}} \qquad (1.10)$$

Резултатите от анализите на разгледаните варианти са обобщени в табл.1. Цитираните числени данни (минималните ω_A са маркирани) са получени при изпитване на наличното технологично оборудване (стругове CE063, CT161, CT201) и екипировка (патронници, ТИГ и СРД) в Лабораторията по обработване на детайли на машини с ЦПУ към катедра Технология на машиностроенето и металорежещи машини, РУ "А Кънчев".

Табл.1 Сравнителни данни за грешките при разглежданите схеми

СХЕМА	$\omega_{поз.п.Z}$	ω_L *	ω_S *	$\omega_{закр}$	$\omega_ш$	$\omega_{к.и}$	$\omega_{п.р.г}$	$\omega_{С.Р.Д}$	$\omega_{A\ min} \div \omega_{A\ max}$
	X**	X	X						0,473 , 0,473
	X	X		X					0,460 ÷ 0,462
	X				X				0,005 ÷ 0,020
	X					X	2X		0,012 ÷ 0,060
	X							X	0,006 ÷ 0,007
	2X			X					0,010 ÷ 0,040
	X		X						0.110 , 0,110
	2X								0,003 ÷ 0,006
Данни за налично технологично оборудване [mm]	0,002 ÷ 0,004	0,460 IT12 L=250	0,110 A2,5	0,003 ÷ 0,040	0,005 ÷ 0,020	0,003 ÷ 0,006	0,005 ÷ 0.030	0,004 ÷ 0,006	

*** За ω_L и ω_S са посочени стойности по IT12 на вал с дължина L=250mm и центрови отвори тип A2,5**

**** Със знак X е маркирано наличието на съответна грешка**

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Прилагането на многовариантно анализиране е предпоставка за избор на най-подходящо решение при конкретните условия.**-** Табличното представяне е възможност за "поглед" едновременно върху всички варианти и за бързото им „качествено" сравняване. По този критерий с най-малък брой участващи грешки (две) са варианти 3, 5, 7 и 8.

- Количествената оценка на вариантите по зависимост 1.10 е определяща и възможна само при наличие на актуални числени стойности за полетата на грешките на съответните компоненти, имайки предвид широките граници, в които те могат да варират.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Георгиев В, и др. Технологияна машиностроенето, Пловдив 2003
[2] Замфиров Ив., Технологична екипирока, Русе, 2003.
[3] Замфиров Ив.и др., Технология на машиностроенето, Русе, 2006

За контакти:
д-р Димитър Димитров, Катедра „Технология на машиностроенето и металорежещи машини", Русенски университет „А.Кънчев", e-mail: ddimitrov@uni-ruse.bg

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
“АНГЕЛ КЪНЧЕВ”

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ СНС’14

П О К А Н А

Русе, ул. ”Студентска” 8
Русенски университет
“Ангел Кънчев”

Факултет „Машинно-технологичен”

СБОРНИК ДОКЛАДИ
на
СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’13

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

Отговорен редактор:
проф. д-р Ангел Смрикаров

Народност българска
Първо издание

Формат: А5
Коли: 7,375
Тираж: 20 бр.

ISSN 1311-3321

ИЗДАТЕЛСКИ ЦЕНТЪР
на Русенския университет “Ангел Кънчев”