

ISSN 1311-3321

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

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

СБОРНИК ДОКЛАДИ

на

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС'09

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС'09

PROCEEDINGS

of

the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS'09

Русе
Rousse
2009

ISSN 1311-3321

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

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

СБОРНИК ДОКЛАДИ

на

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС’09

СБОРНИК ДОКЛАДОВ

СТУДЕНЧЕСКОЙ НАУЧНОЙ СЕСИИ – СНС’09

PROCEEDINGS

of

the SCIENTIFIC STUDENT SESSION – SSS’09

Русе
Rousse
2009

Сборникът включва докладите, изнесени на студентската научна сесия **СНС'09**, 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:**
доц. д-р Христо Белоев – РЕКТОР на РУ
Владислав Димитров – ПРЕДСЕДАТЕЛ на СС
 - **Научни секретари:**
доц. д-р Ангел Смикаров – Заместник-ректор на РУ
ASmrikarov@ecs.ru.acad.bg; 082-888 249
Радослав Линов – Заместник-председател на СС
R.Linov@abv.bg; 082-888 390
 - **Членове:**
 - Факултет „Аграрно индустриален”**
доц. д-р Чавдар Везиров
vezirov@ru.acad.bg; 082-888 442
Цветелина Василева
cvete@abv.bg
 - Факултет „Машинно технологичен”**
доц. д-р Стоян Стоянов
sgstoyanov@ru.acad.bg; 082-888 572
Зорница Иванова
zori_doli@abv.bg
 - Факултет „Електротехника, електроника, автоматика”**
доц. д-р Русин Цонев
rtzonev@ru.acad.bg; 082-888 379
Надя Антонова
antonowa14@abv.bg
 - Факултет „Транспортен”**
доц. д-р Валентин Иванов
vdivanov@ru.acad.bg; 082-888 373
Иван Калинов
i.kalinov@abv.bg
 - Факултет “Бизнес и мениджмънт”**
доц. д-р Юлияна Попова
jppopova@ru.acad.bg; 082-888 813
Виктория Ангелова
viktoriya.angelova88@gmail.com

Факултет „Юридически“

ас. Елица Куманова
derecho@abv.bg; 082-845 281
Антоанета Николаева
mugal@mail.bg

Факултет „Природни науки и образование“

доц. д-р Петър Сигалов
sigalov@ami.ru.acad.bg; 082-888-754
Благовест Николов
blago_nikolov_86@abv.bg

Филиал Разград

гл.ас. д-р Цветан Димитров
tz_dimitrow@abv.bg; 0887-631 645
Деница Бонева
deni4ka_boneva@abv.bg

Филиал Силистра

гл. ас. Галина Лечева
lina_acad.bg@abv.bg; 0897-912 702
Александър Господинов
lordsweet@mail.bg

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

1	Усъвършенстване на електрическата система за хранване на електродъгов разряд с кух катод във вакуум автори: Атанас Ташков, Анатоли Петков, Цветелин Беширов научни ръководители: доц. д-р инж. Младен Трифонов гл. ас. инж. Николай Фердинандов	6
2	Методика за изпитване на хващащо устройство на мобилен робот за обезвреждане на армейски боеприпаси автор: Петър Маноилов научен ръководител: маг. инж. Чавдар Костадинов	11
3	Изследване влиянието на геометричните размери на метална конструкция при два якостни изчислителни модела автори: Цветомир Митев, Владимир Тотев научен ръководител: ас. инж. Иво Драганов	16
4	Процедура за определяне на товароносимостта на стъклени панели по ASTM E 1300 автор: Нели Стойкова научен ръководител: ст. ас. инж. Димитър Велчев	21
5	Идеен проект БРАН (Български Ракетен Автоматичен Носител) за разработка на експериментална ракета носител с помощта на CAD/CAM системи автор: инж. Павел Ангелов научен ръководител : гл.ас.инж. Иво Атанасов	27
6	Твърдофазна цементация на стомани автор: Милен Миленов научен ръководител: Пламен Данев	33
7	Преустройство на вакуумна инсталация за метализация чрез магнетронно разпръшване и електродъгово изпаряване автор: Петър Георгиев научен ръководител: проф. дтн Руско Шишков	39
8	Автоматизирано конструктивно и технологично проектиране на корпусен детайл от арматура с CAD/CAM системи автор: Донка Банчева, научен ръководител: гл.ас. инж. И. Атанасов	47
9	Многослойни метало - керамични PVD покрития (кратък преглед) автор: Самир Ахмед научен ръководител: д-р инж. Ваня Захаријева,	51
10	Довършващо обработване на външни цилиндрични повърхнини чрез повърхностно пластично деформиране автор: Петър Цеков научен ръководител: ас. инж. Павел Петров	57

Усъвършенстване на електрическата система за захранване на електродъгов разряд с кух катод във вакуум

автори: Атанас Ташков, Анатоли Петков, Цветелин Беширов
научни ръководители: доц. д-р инж. Младен Трифонов
гл. ас. инж. Николай Фердинандов

Abstract: *With the help of invert welding machine of new generation electric system is improved for stimulation and supporting the arc welding discharge in vacuum with hollow cathode. Some of the basic technological characteristics of arc welding discharge in the new conditions are determined.*

Key words: *Invert welding machine, arc welding discharge with hollow cathode, vacuum technologies.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Нуждата от изработване и възстановяване на изделия използвани в космически или земни условия и работещи в тежки агресивни и абразивни среди, при високи температури и т.н. изисква използването на някои цветни метали и сплави, високолегирани и композиционни материали. За съжаление обаче повечето от тях са склонни към окисление, азотиране и наводородяване, което рязко влошава показателите им на качество вследствие повишаване на газовите пори, шлаковите включения, пукнатини и други. Друг проблем при обработването на тези материали е, че някои от тях имат висока температура на топене [1].

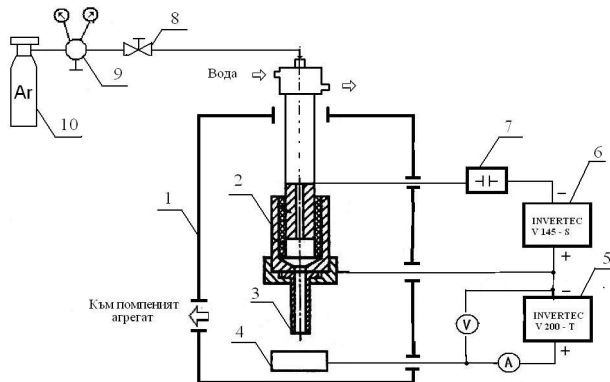
Използването на електродъговия разряд с кух катод като източник на топлина и вакуума, като защитна среда позволява осъществяването на процесите на заваряване, наваряване и спояване на химически активни и труднотопими метали и сплави, като полученият продукт е практически без дефекти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В настоящата работа е представена новата усъвършенствана електрическа система за възбуждане и поддържане на разряда с кух катод, явяваща се един от най-важните елементи в инсталацията за електродъгово обработване във вакуум (фиг.1), работеща в лабораторията „Технологични процеси за обработване във вакуум чрез електродъгов разряд с кух катод“ на катедра „Материалознание и технология на материалите“. Инсталацията се състои от вакуумна камера 1, в която е монтирана горелката 2. Електродъговият разряд съществува между кухия катод 3 и обработваното изделие (анод) 4, като за възбуждането и поддържането му се използват кондензаторна батерия 7, спомагателен токоизточник 6 и основен 5. За стабилизиране на разряда и за намаляване ерозията на катода през него се пропуска минимално количество (0,6+6,0 l/h) плазмообразуващ газ. Като такъв обикновено се използва аргон (Ar) с чистота 99,999% и съхраняващ се в бутилка 10, комплектувана с редуцир вентил 9. Регулирането на количеството на газа става с помощта на микронатекателя 8 [2].

Като източници на енергия за захранване на електродъговия разряд с кух катод се използват стандартни токоизточници за електродъгово заваряване с нетопим волфрамов електрод в защитна среда от инертен газ (ВИГ) и или за ръчно електродъгово заваряване (РЕДЗ). Причината за това е, че те притежават стръмнопадащи външни характеристики осигуряващи стабилно поддържане на електрическите параметри на разряда във вакуум. Броят им и начина на свързване зависи основно от типа на горелката (с едно, две или многостепенна схема на възбуждане). При използването на такава многостепенна схема на възбуждане на разряда (фиг.1) нагряването на катода осигуряващо възбуждането на разряда става чрез помощна електрическа дъга горяща между спомагателния електрод и горелката, съответно кухия катод. За възбуждането на спомагателната дъга се

използва кондензаторна батерия осигуряваща мощен високоволтов пробив. След възбуждането на разряда, поддържането му се осъществява от основния токоизточник [4].



Фиг.1 Принципна схема на метода.

Старият тип електрическа система, използвана в наличната инсталация за електродъгово обработване във вакуум, се състоеше от два токоизточника за ръчно електродъгово заваряване – генератор “Triodin K 320” използван, като основен и токоизправител “ИЗА-Е42” използван, като спомагателен.

Те притежават редица

недостатъци, като: високо ниво на шум, големи размери и маса, нисък коефициент на полезно действие, стари и амортизирани.

Тъй като една от основните задачи за работа по проект 2009-МТФ-02 от Фонд Научни изследвания е „Усъвършенстване на електрическата система за захранване на електродъгов разряд с кух катод във вакуум” старите токоизточници бяха заменени с новозакупени INVERTEC V 200 - T (използван, като основен) и INVERTEC V145 - S (използван, като спомагателен) на фирма Lincoln Electric. Целта бе преодоляване на посочените недостатъци и подобряване характеристиките на електродъговия разряд с кух катод. На фигура 2а са показани старите и нови токоизточници, а в таблица 1 е направено сравнение между някои от техните параметрите.

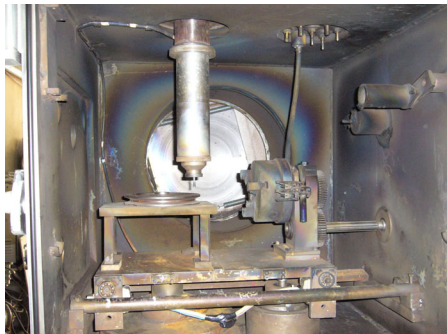
Табл.1 Сравнителни параметри на старият и нов тип токоизточници

Токоизточник, марка	Година и място на производство	Размери, мм	Маса, кг	Консумирана мощност, KW	ПВ, %	Диапазон на регулиране на тока, А
Triodin K 320	1960 година, Чехословакия	1000x400	320	14	55%-320A 100%-220A	35 - 320
ИЗА-Е42	България	800x600x900	200	-	60%-200A	25 - 250
INVERTEC V 200-T	2004 година, Италия	440x190x255	14	7,6	35%-200A 100%-150A	1 – 200
INVERTEC V 145-S	2007 година, Италия	288x158x392	5,9	4,4	35%-145A 100%-105A	5 - 145

От представените данни става ясно, че предимствата на новият тип електрическа система са не само в по-малките размери, маса и консумирана мощност, а и в много по-широкия диапазон на регулиране на тока и най-вече относно минималните му стойности. За сравнение при използването на стария тип токоизточници долната граница на тока, до която устойчиво съществуваше разряда с кух катод бе около 50А, докато сега тя е само 2А.



а)



б)

Фиг.2 Токоизточници използвани при стария и нов тип електрическа система (а) и вътрешен вид на камерата за електродъгово обработване с кух катод във вакуум (б).

Бяха проведени и някои предварителни експерименти за установяване възможностите на горелката и електродъговия разряд с кух катод в новите условия. Целта бе да се изясни:

- минималния и максимален диаметър на кухия катод, при които е налице стабилно възбуждане на електродъговия разряд;
- минимална големина на тока на спомагателния заваръчен токоизточник гарантиращ възбуждането на разряда;
- минималното количество на плазмообразуващия газ, при който възниква електродъговия разряд;
- минимална големина на тока на основния токоизточник, до която съществува стабилно разряда с кух катод при съответния му диаметър;
- връзката между големината на тока, количеството на плазмообразуващия газ и напрежението на дъгата при съответните диаметри на катода;
- влияние на импулсния режим на работа върху възбуждането и минималната големина на тока, до която съществува разряда.

Експериментите бяха проведени при следните условия на работа: работно налягане в камерата - $P_{\text{раб}} = 6 \cdot 10^{-2}$ mbar; диаметър на кухия катод 2 и 6 mm., дължина 30 mm., дебелина на стената 0,2 mm.; разстояние между катода и анода (дължина на дъгата) – 5 mm.; количество на плазмообразуващия газ $G_{Ar} = 0,5 \div 1,0$ l/h при $d_{kk} = 2$ mm. и $G_{Ar} = 2,5$ l/h при $d_{kk} = 6$ mm; големина на тока на спомагателния и основен токоизточник $I_{\text{ен}} = 20A$, $I_{\text{очн}} = 5 \div 65A$ при $d_{kk} = 2$ mm. и $I_{\text{ен}} = 40A$, $I_{\text{очн}} = 10 \div 170A$ при $d_{kk} = 6$ mm.; материал на анода – Ст 3.

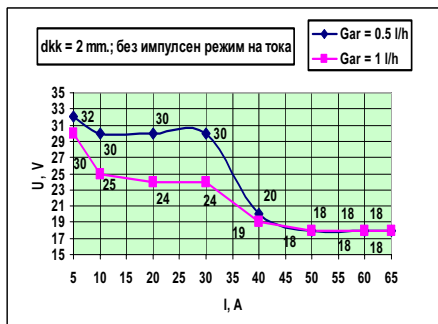
Големината на тока се определя в зависимост от материала от който се изработва катода, диаметъра и дебелината на стената му [1] според формулата:

$$I = (100 \div 200) \delta_k d_k \quad (1)$$

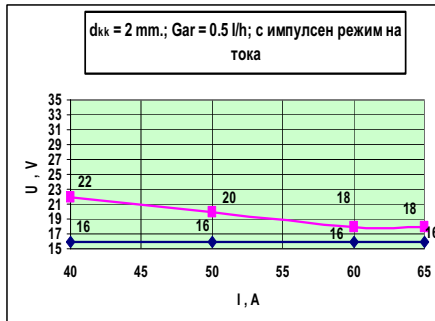
За отчитане на тока и напрежението на дъговия разряд с кух катод в процеса на работа бяха използвани цифрови измерителни уреди – MULTIMETER G-1004.500 с точност 0,5% от измерената стойност.

На фиг. 3а,б е показана връзката между големината на тока и напрежението (волтамперна характеристика) на електродъговия разряд при диаметър на кухия катод 2 mm. и определено количество на плазмообразуващия газ [3]. От

представените графични зависимости става ясно, че при големина на тока $40 \div 65A$, независимо от количеството на плазмообразувачия газ напрежението почти не се променя и е в границите на $18 \div 20 V$. При намаляване на тока обаче под тази стойност напрежението на разряда се увеличава и достига до $30 \div 34 V$. Темпа на нарастване, както и максималната му стойност зависят до голяма степен от количеството на плазмообразувачия газ, като по-големите стойности на последния влияят положително върху стабилността на разряда (фиг. 3 а). Използването на импулсен режим на работа ограничава диапазона на стабилно съществуване на електродъговия разряд във вакуум (фиг. 3 б).



а)

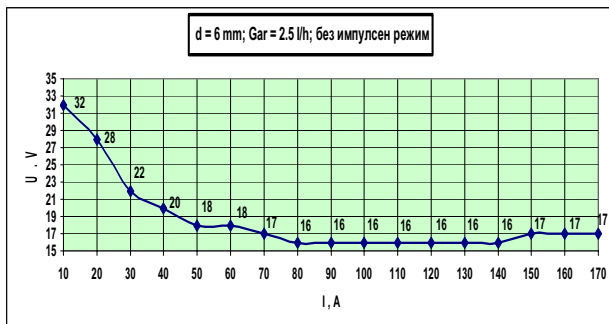


б)

Фиг.3 Волт-амперни характеристики на разряда при диаметър на кухия катод – 2mm. и дължина на дъговия промеждутък $L=5mm$. с и без импулсен режим на тока.

Възбуждането на разряда с кух катод при определен диаметър (напр. $d_{kk}=2$ mm.) основно зависи от големината на тока на спомагателния токоизточник и количеството на подавания газ. От проведените експерименти се оказва, че при $I_{cn} < 20A$ и при $G_{Ar} < 0,5$ l/h, е невъзможно възбуждането на разряда независимо от стойността на другия параметър.

На фиг.4 е показана връзката между тока и напрежението на дъгата при диаметър на кухия катод 6 mm.



Фиг.4 Волтамперна характеристика на разряда при диаметър на кухия катод – 6mm. и дължина на дъговия промеждутък $L=5mm$. – без импулсен режим на тока.

От представените резултати се вижда, че разрядът е устойчив в много широк диапазон от големина на тока, като при стойности от $50 \div 170A$ напрежението практически не се променя. Необходимата минимална големина на тока на спомагателния токоизточник гарантиращ успешно възбуждане на разряда е 40A.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Усъвършенстваната електрическа система за хранене на електродъговия разряд във вакуум и проведените експерименти за установяване възможностите му в новите условия позволява да се направят следните изводи:

1. Използването на инверторни токоизточници от ново поколение позволява намаляване на консумацията на електроенергия и нивото на шума, по-голяма мобилност, както и подобряване характеристиките на разряда с кух катод.
2. Електродъговият разряд съществува устойчиво при големина на тока от 2А до 170А и диаметър на кухия катод от 2 до 6 mm., което от своя страна дава възможност, както за обработване на материали с различна дебелина, така и за провеждане на процесите на заваряване, наваряване и спояване във вакуум;
3. Използването на импулсен режим на работа позволява по-точно регулиране на топлотлането, възможност за обработване на алуминий и сплавите му и удължава живота на катода, но не позволява съществуването на разряда при големина на тока – под 40А.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Неровный В.М., Ямпольский В.М. Сварочные дуговые процессы в вакууме.– М.; Машиностроение, 2002.– 264 с.

[2] Трифонов М., Маринов Хр., Фердинандов Н., Състояние и перспективи на технологията за електродъгово заваряване и наваряване във вакуум. – Международен конгрес „Машиностроителни технологии 04“ , Варна, България, 2004г., 147-149 с.

[3] М. Трифонов, Н. Фердинандов. Изследване на някои основни характеристики на електродъговия разряд във вакуум с кух катод. Научни трудове на РУ „А.Кънчев“, Русе, 08.11÷10.11. 2007г.

[4] Трифонов М.Ц., Фердинандов Н., Маринов Х., Усъвършенствана горелка с кух катод за обработване във вакуум. Научни трудове на Русенския университет „Ангел Кънчев“, 09.11÷11.11.2005, том 44, серия 2 “Прогресивни машиностроителни технологии”, с. 245 – 249.

За контакти:

Атанас Ташков, студент IV курс, специалност “Машиностроителна техника и технологии”, МТФ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, e-mail:s051029@abv.bg

Доц. д-р инж. Младен Трифонов, Катедра “Материалознание и технология на материалите”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 206, e-mail:mtr@ru.acad.bg

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

Методика за изпитване на хващащо устройство на мобилен робот за обезвреждане на армейски боеприпаси

автор: Петър Маноилов
научен ръководител: маг. инж. Чавдар Костадинов

Abstract: Methodology for testing of gripper for mobile robot for the disposal of army ammunition: *This article describes two grippers, which is equipped mobile robot for the disposal of army munitions. Methodology is presented for functional testing a two finger gripper – rate of going and complice forces between the two devices - the management and enforcement.*

Key words: *mobile robots, grippers, handling system*

ВЪВЕДЕНИЕ

Мобилната роботика, като един от актуалните приоритети в Седма рамкова програма на ЕС се характеризира с нарастваща индустриална значимост, тъй като мобилните роботи намират все по-широки и разнообразни приложения: в реални промишлени среди, където се извършва обслужване на поточни линии, превоз на инструменти, материали, готови изделия, полуфабрикати и др.; обслужване както на складовите помещения в производствените предприятия, така и на други складове и хранилища от различен род; в сферите на поддръжката и обслужването (например почистване на подове с голяма площ, инспектиране и поддръжка на тръбопроводи, шахти, и други труднодостъпни обекти с различно предназначение, обслужване на изложби и музеи, обслужване на болници, подпомагане на хора с увреждания и възрастни хора); патрулни роботи, или патрулиращи мобилни алармени системи; подводни и космически изследвания и др. Наред с тези приложения, особено внимание се отделя на въпросите, свързани с използването на мобилни роботи за провеждане на изследвания, ремонтни, обезопасителни и спасителни работи в среди с наличие на рискови за човека фактори – замърсявания с вредни химически вещества, радиация, взривоопасност и др. Особено актуални в последно време са приложенията на мобилните роботи в антитерористичната дейност.

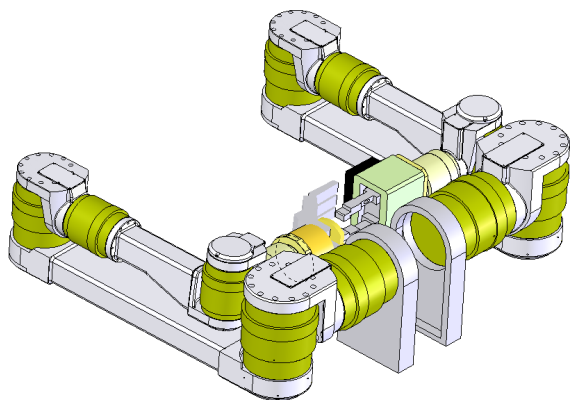
Като се изключат някои елементарни приложения, се оказва, че за да бъдат в състояние мобилните роботи да изпълняват ефективно своите задачи в различни работни среди, те трябва да притежават определена степен на автономност, включваща способност да изграждат и поддържат модели на тези среди и да притежават изкуствен интелект. Това изискване е практически винаги наложително, когато се налага мобилните роботи да функционират в непознати или частично познати среди (среди, които включват неизвестни обекти). Гореспоменатите модели се реализират като карти на работните среди, които съдържат информация за разположението на обектите в средите и които обикновено се съхраняват в базите данни на системите за управление на мобилните роботи. За да може да изпълнява функциите по изграждането и поддръжката на карта на своята работна среда, всеки мобилен робот трябва да бъде обезпечен със способност да възприема необходимата за целта информация от средата.

Източник на такава информация може да бъде изградената по подходящ начин сензорна подсистема на робота. Тази подсистема трябва да включва сензори, способни да възприемат метрична информация от средата. Понастоящем за целта се използват камери, лазерни далекомери, ултра-звукови сензори – далекомери и др. Ултразвуковите сензори – далекомери намират широко приложение в роботиката поради редица свои предимства: ниска цена, компактност, ниска консумация на енергия, както и поради факта, че тяхната работа не се влияе от състоянието на атмосферата, от осветеността и оптичните свойства на обектите в средата.

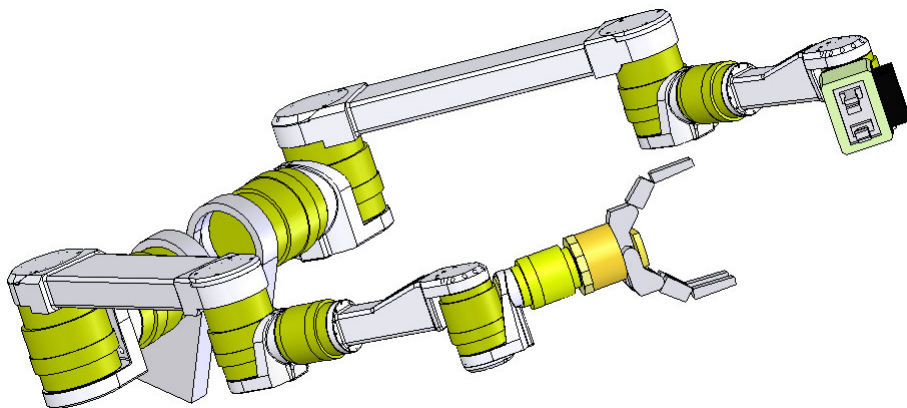
Роботът за обезвреждане на армейски боеприпаси е снабден с два

манипулатора (фиг. 1), всеки с по 6 степени на подвижност. Десният е снабден с 3 пръст хващач, а левият с 2 пръст хващач, с обратна връзка по сила. В непосредствена близост до хващачите има камери за наблюдение. Мобилният робот има стерео глава с две камери, монтирани над основите на манипулаторите. Всяка камера може да се движи наляво-надясно, двете заедно нагоре-надолу и наляво-надясно. Движението им се управлява от жирокопен сензор. Същият сензор се намира и на главата на оператора, по този начин в работен режим се осигурява копирането на движенията на главата от стерео главата на робота. Задвижването на робота е с 2 гумени вериги, а за навигация се използват 2 камери отпред и отзад. Освен това на борда си той има и GPS сензор, който позволява връщането на робота по същият маршрут на движение, по който е влязъл в зоната на действие.

Мобилният робот е снабден със следните сензори за външна информация: за газов анализ, за радиация, за звуков анализ, за температура и влажност и споменатият GPS сензор.



а)



б)

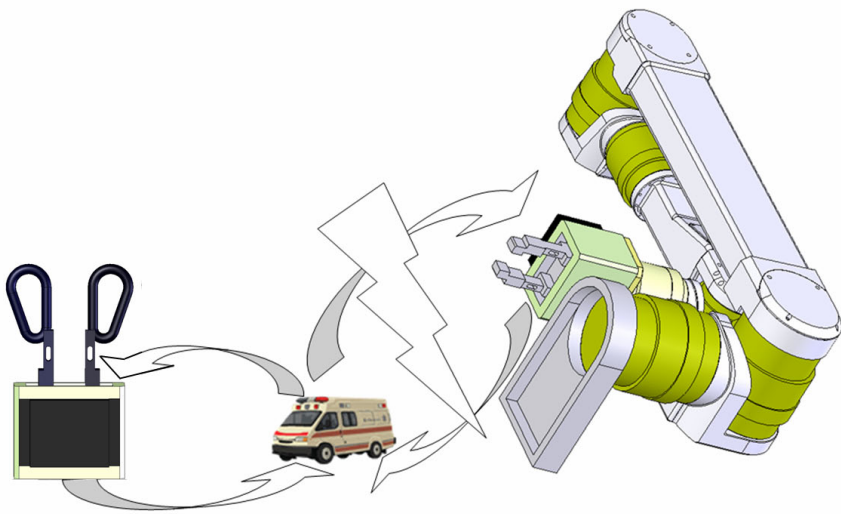
Фиг. 1 Манипулатори на мобилния робот:

а) транспортно положение, б) работно положение

В управлението на робота [1] и манипулаторите участват трима оператори. Първият управлява манипулаторите, хващачите и стерео главата. Вторият управлява робота (шасито) и следи за вътрешното състояние на робота. Третият се грижи за следенето на постъпващата от различните сензорни системи информация, външните комуникации с други устройства и съветите на експертната система за обезвреждане на взривове.

Управлението на манипулаторите е чрез екзоскелетонна система – точно кинематично и геометрично копие на манипулаторите. Последната шеста степен е закрепена неподвижно към съответната китка на оператора. По този начин чрез движението на ръцете си той движи манипулаторите. Трипръстият хващач се управлява посредством специална ръкавица, надяната на дъсната му китка. Този хващач задържа обектите чрез обхващане – пръстите му могат да застанат един срещу другите два, като е възможно да се променя разположението им.

Боравенето с взривове и боеприпаси е деликатна задача, която се изпълнява от човек, преминал съответната теоретична и практическа подготовка. При обезвреждането им се налага непосредствен контакт, при който е възможно и при най-малката грешка да се стигне до непоправими щети.



Фиг. 2 Двупръст хващач

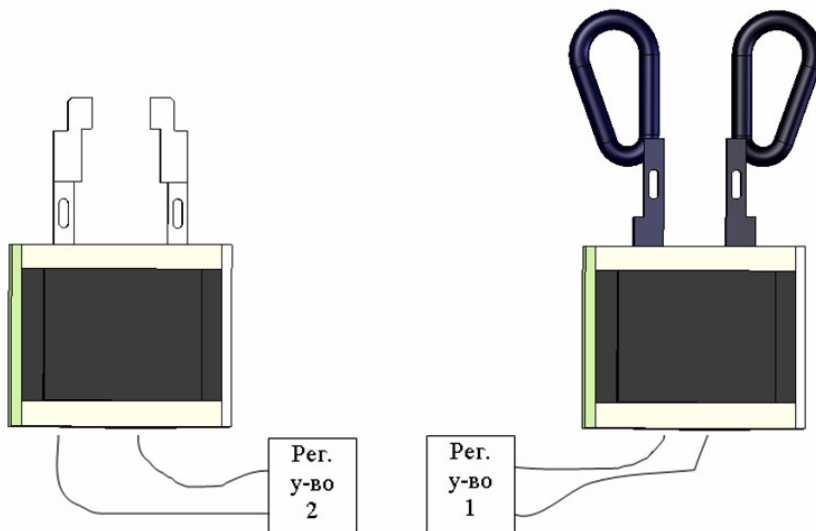
При разглеждания робот решенията се вземат от хора и управляващите движения се извършват от хора, за да е възможно това е необходимо той да разполага с необходимия хващач. Това е двупръст хващач, снабден с обратна връзка по сила (фиг. 2). За неговото управление се ползва същият хващач, на който челюстите са с подходяща конфигурация за работа с ръка. В челюстите на изпълнителното устройство са разположени тензо сензори, които предават информация за съпротивлението, което възниква при хващането на обекта. Този сигнал се обработва от системата за управление и се създава съпротивление в управляващото устройство, равнозначно на това в изпълнителното устройство. По този начин операторът добива усещането за поведението (състоянието) на хващания обект.

При този начин на работа на хващача естествено възниква въпросът има ли и

ако има каква е разликата във времето на работа между двете устояства управляващото и изпълнителното и еднаква ли е хващащата силата в двата хващача.

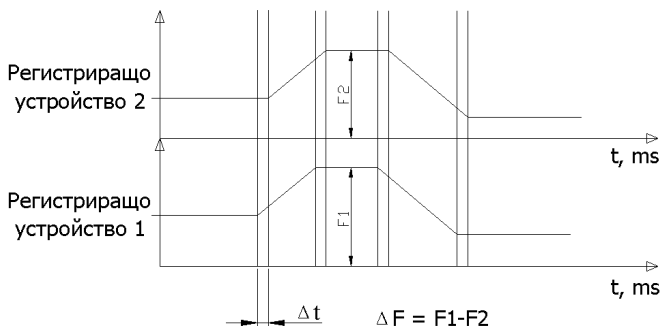
За решаването на тази задача се предлага да се изгради опитна уредба, показана на фиг. 3. Регистриращите устройства са на фирмата SHUNK и представляват пиезоелектрически сензори, вградени между хващача и челюстите му. Те са еднакви за четирите челюсти. С тяхна помощ ще се регистрират възникналите сили на хващане.

Работата на системата започва с началната инициализация на отделните й компоненти. При проверката за бързодействие и съответствие на силите в двете хващащи устройства на двупръстия хващач се започва с движение на управляващото устройство. При това движение първото регистриращо устройство записва големината на възникващите сили. Информацията от движението се обработва от системата за управление – формира се управляващ сигнал, който по безжичен път се предава на робота. Следва отново обработка на сигнала и след това той се предава на изпълнителното устройство, при движението на челюстите му, второто регистриращо устройство започва да отчита възникналите сили. При хващане на обект, челюстите се деформират съобразно приложената сила и тази деформация се отчита от системата за обратна връзка по сила. Обработва се от системата за управление на робота, предава се към командния център, там тя се обработва и постъпва в управляващото устройство на хващача. По този начин се създава същото съпротивление на челюстите му, както това при изпълнителното устройство, с което операторът добива усещането за допир до хванатия обект.



Фиг. 3 Опитна уредба

Сравнението на диаграмите (фиг. 4) от двете регистриращи устройства дава информация за времето, необходимо на системата да обработи, изпрати и приеме информационните сигнали от управляващото до изпълнителното устройства и обратно. Разликата в сигналите от двете регистриращи устройства по ос X дава времезадръжката на системата за управление. Освен времето може да се покаже и съответствието на силите в двете устройства това е разликата по ос Y.



Фиг. 4 Сравнителни диаграми от регистриращите устройства

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Независимо от наличието на разлика във времето на сработване на двете хващащи устройства, те позволяват на оператора да хваща нетвърди, крехки, чупливи и др. „особени“ обекти, което от своя страна означава, че операторът може да манипулира неизбухнали армейски боеприпаси.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Вл. Точев, Д. Братанов, Ч. Костадинов, Система за управление на мобилен робот за обезвреждане на армейски боеприпаси, V МКСНК, В. Търново, 2009.

За контакти:

Петър Весков Маноилов, спец. Индустриално инженерство, фак. N: 051112, гр. Левски тел. 0883366283, E-mail: pesho_manoilov@abv.bg

Чавдар Георгиев Костадинов, маг. инж. РУ „Ангел Кънчев“ МТФ, кат. ТММРМ, тел: (082) 888 742, E-mail: chkostadinov@ru.acad.bg

Даниел Михайлов Братанов, гл. асистент д-р, РУ „Ангел Кънчев“ МТФ, кат. ТММРМ, тел: (082) 888 717 E-mail: dany@manuf.ru.acad.bg

Изследване влиянието на геометричните размери на метална конструкция при два якостни изчислителни модела

автори: Цветомир Митев, Владимир Тотев
научен ръководител: ас. инж. Иво Драганов

Abstract: *Study influence of geometry in metal constructions with two computing models: It was calculate strength of plain metal construction by using two models. The construction was molded first like truss and second like frame. It was received stress by different geometry with the same proportion of x and y direction. The results are compared and analyzed.*

Key words: *Metal construction, truss, frame*

ВЪВЕДЕНИЕ

Якостните пресмятания на метални конструкции започват с избор на изчислителна схема [6]. При вземане на това решение, извършващият изчисленията, се съобразява както с приетите норми в областта на оразмерявания (проверяван) обект - [2] и [5], така и с опита който е натрупал.

Когато една конструкция е съставена от елементи в които единият размер е в порядъци по-голям от другите, могат да бъдат използвани два изчислителни модела – ставно-прътова конструкция (ферма) или рамка. При първата елементите могат да предават нормални разрезни усилия и усукващи моменти, а при втората и огъващи моменти. Коя от двете схеми ще се използва, най-често е тривиален въпрос, тъй като при ставно-прътовите конструкции по определение не могат да се прилагат сили извън ставите и в такъв случай при наличие на разпределен товар априори се използва рамка. Друг характерен случай е когато конструкцията е такава, че са взети специални мерки за осигуряване на завъртане в зоната на съединяване на прътите или когато в конструкцията участва въже. Съществуват обаче редица случаи, когато конструкцията може да бъде разгледана и като ставно-прътова и като рамка. Предпоставка за използване на първия модел е възможността за малки завъртания в зоните на връзки между елементите, дължащи се на различни причини, като например образуване на пластични стави при заварените конструкции [8]. Ставно-прътовите системи са математически по-лесни за пресмятане, което обаче е без значение при използването на компютри, чрез които се реализират матричните методи на строителната механика [1].

Изучаването на поведението на връзките не е предмет на настоящото изследване [2]. Целта е да се определи какви различия в напреженията ще се получат при моделиране на една и съща конструкция веднъж като ставно-прътова и втори път като рамка и да се изследва влиянието на геометричните размери.

ИЗЛОЖЕНИЕ

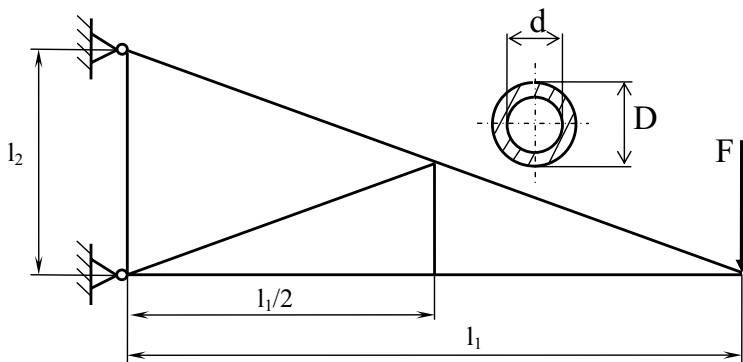
1. Изчислявана конструкция

Изчисляваната метална конструкция е дадена на фигура 1. Такава конфигурация е характерна [7] и често се използва за козирки по фасадите на сгради. Състои се от еднотипни профили с кръгло тръбно напречно сечение, свързани със заваръчни шевове. В левия край конструкцията е закрепена в две точки, а в десния е приложена сила с големина 10 kN.

Връзката между размерите на конструкцията е следната:

$$l_2 = l_1 / 3$$

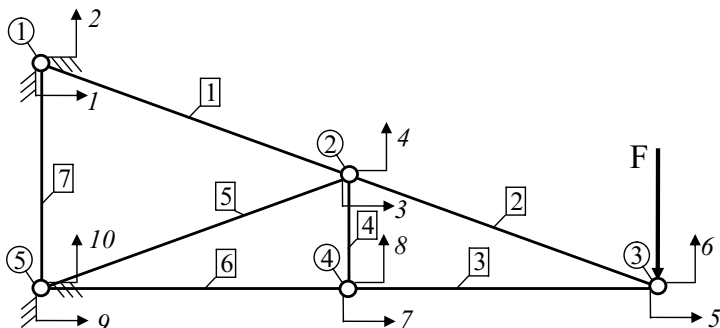
(1)



Фиг. 1. Изчислявана конструкция

2. Ставно-прътова система

За да бъде решена конструкцията като ставно-прътова, е дискретизирана по показания на фигура 2 начин. Всеки елемент (номерата им са оградени с правоъгълник) има два възела (оградените с кръг), а всеки възел е с две възможни степени на свобода (неоградени).



Фиг. 2. Ставно-прътова система

Коравинната матрица на прътовите елементи съгласно [1] е следната:

$$[k_e] = \frac{E \cdot S}{l} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, N/m \tag{2}$$

където:

- E, Pa – модул на еластичност;
- S, m^2 – лице на напречното сечение на елемента;
- l, m – дължина на елемента.

Конструкцията е закрепена така, че са ограничени само вертикалните и хоризонталните премествания във възли 1 и 5. Приложена е вертикална сила във възел 3.

Решаването на задачата се свежда до решаване на система линейни уравнения (СЛУ), която в матричен вид изглежда така:

$$[K]\{d\} = \{f\} \tag{3}$$

където:

$[K]$, N/m – глобална коравинна матрица;

$\{d\}$, m – вектор на преместванията;

$\{f\}$, N – вектор на възловите сили.

Глобалната коравинна матрица е особена (сингулярна) и СЛУ (3) няма решение. Затова системата се редуцира, като се премахват уравненията в които участват премествания които са известни – тези в закрепените възли и съответстващите им колони в коравинната матрица.

Нормалните напрежения в напречното сечение на прът се определят съгласно [4] и [6] от зависимостта:

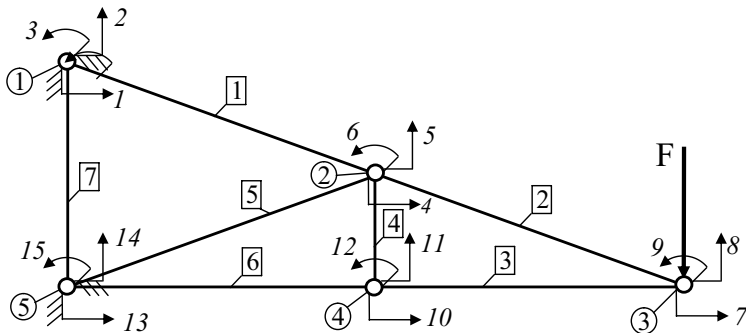
$$\sigma_x = \frac{N_x}{S} \tag{4}$$

където:

N_x , N – нормално разрезно усилие.

3. Рамка

Дискретизацията на конструкцията като рамка, е показана на фигура 3. Всеки възел има по три степени на свобода.



Фиг. 3. Рамка

Коравинната матрица на гредовите елементи има следния вид съгласно [1]:

$$[k_e] = \frac{E}{l} \begin{bmatrix} S & 0 & 0 & -S & 0 & 0 \\ 0 & \frac{12I_z}{l^2} & \frac{6I_z}{l} & 0 & -\frac{12I_z}{l^2} & \frac{6I_z}{l} \\ 0 & \frac{6I_z}{l} & 4I_z & 0 & -\frac{6I_z}{l} & 2I_z \\ -S & 0 & 0 & S & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{12I_z}{l^2} & -\frac{6I_z}{l} & 0 & \frac{12I_z}{l^2} & -\frac{6I_z}{l} \\ 0 & \frac{6I_z}{l} & 2I_z & 0 & -\frac{6I_z}{l} & 4I_z \end{bmatrix}, N/m \tag{5}$$

където:

I_z , m^4 – инерционен момент на сечението спрямо ос z и се определя по зависимостта от [6]:

$$I_z = \int_{(S)} y^2 dS \tag{6}$$

която за тръбно кръгово напречно сечение в [4] се преобразува във вида:

$$I_z = \frac{\pi D^4}{64} \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right). \quad (6a)$$

Закрепването и натоварването са идентични с тези при ставно-прътовата система. За да има пълна аналогия във възлите на закрепване са разрешени завъртанятията.

Максималните напреженията се определят от следната зависимост съгласно [4] и [6]:

$$\max \sigma_x = \frac{|N_x|}{S} + \frac{|M_x|}{W_x}, Pa \quad (7)$$

където:

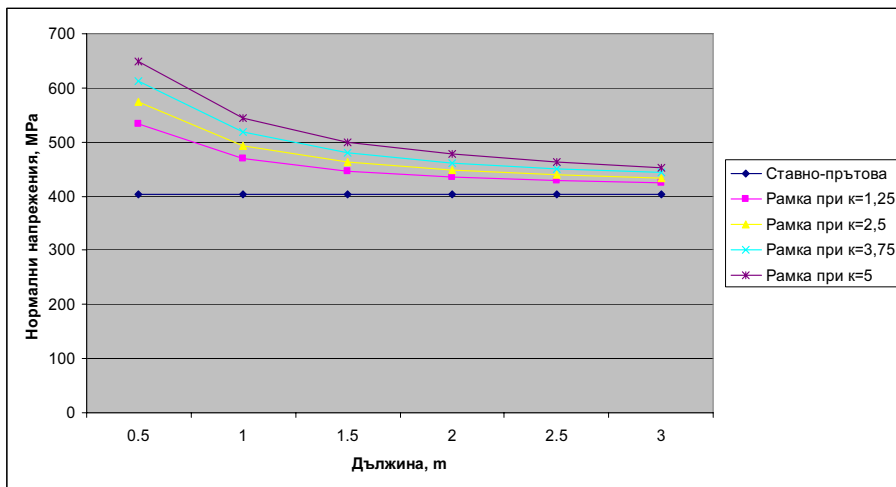
M_x, Nm – огъващ момент по ос z;

W_x, m^3 – осов съпротивителен момент на сечението спрямо ос z, който за тръбно кръгово напречно сечение се определя по зависимостта от [4]:

$$W_x = \frac{\pi D^3}{32} \left(1 - \frac{d^4}{D^4} \right). \quad (8)$$

4. Резултати

За изследване поведението на двата модела при промяна на геометричните размери са създадени два алгоритъма реализирани на Matlab R2007b [3]. Дължината на конструкцията по хоризонталната ос приема стойности от 500 до 3000 mm със стъпка 500 mm, а по вертикалната ос е изпълнено равенството (1).



Фиг. 4. Влияние на геометричните размери върху нормалните напрежения

За определяне влиянието на напречното сечение е въведено отношението:

$$k = \frac{W_x}{S}, m$$

което е показател за рационалността на използване на материала, като критерий е способността на статично определима града да се съпротивлява при огъване.

В таблица 1 са дадени входните данни.

Таблица 1

d, mm	D, mm	S, mm^2	W_z, mm^3	I_z, mm^4	k, m
0	10,0	78,54	98,2	490,9	1,25
9,31	13,7	78,54	196,4	1341,8	2,50
14,75	17,8	78,54	294,8	2626,8	3,75
19,88	22,3	78,54	392,8	4370,9	5,00

На фигура 4 са диаграмите показващи връзката между напреженията и геометричните размери при моделиране на конструкцията като ставно-прътова система и рамка.

5. Анализ на резултатите и изводи

В ставно-прътови системи при пропорционално нарастване на конструкцията напреженията не се променят. Причина за това е, че влияние оказват лицето на напречното сечение, натоварването и посочните косинуси на сеченията. При разглежданата постановка те не се изменят (независимо, че надлъжните размери на елементите се променят).

Пресмятането на конструкцията като рамка води до получаване на по-големи напрежения. Напреженията намаляват с увеличаване размерите на конструкцията, като клонят към напреженията при ставно-прътова конструкция.

При увеличаване на отношението k се увеличават и напреженията.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Адекватният избор на изчислителен модел е отговорна и същевременно сложна задача. Оценката за приложимост на един или друг модел, минава през натурен експеримент, който ще е решаващ при изследване поведението на външните и вътрешните връзки наложен на системата.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джонов Цв., Компютърни методи за инженерен анализ, Габрово – 1996
- [2] Икономическа комисия за Европа на Организацията на обединените нации (ИКЕ на ООН), Правило № 66 за единни технически разпоредби относно одобряването на пътнически превозни средства с голям капацитет по отношение на якостта на тяхната надстройка, Добавка 65, 2007
- [3] Йорданов Й., Приложение на Matlab в инженерните изследвания част I и част II, Русе – 2004
- [4] Куюмджиев Хр., Й. Николов и др. Съпротивление на материалите ръководство за самостоятелна подготовка, Русе – 2004
- [5] Руденко Н., М. Александров, А. Лысяков, Курсовое проектирование грузоподъемных машин, Издательство „Машиностроение“ Москва 1971
- [6] Стойчев, Ю., Хр. Куюмджиев и др. Съпротивление на материалите, Русе – 1986
- [7] Стоянов С., В. Боздуганова и др., Ръководство за упражнения по статика с Matlab, Русе -2008
- [8] Тодоров М., П. Партинов и др. Теоретична механика част I Кинематика и статика, Русе – 1986

За контакти:

Цветомир Митев Митев, Русенски университет „Ангел Кънчев“, специалност ТТТ, студент II курс

Владимир Георгиев Тотев, Русенски университет „Ангел Кънчев“, специалност МТТ, студент II курс

Ас. инж. Иво Драганов, Русенски университет „Ангел Кънчев“, Катедра „Техническа механика“, тел.: 082-888 224, e-mail: iivanov@ru.acad.bg

Процедура за определяне на товароносимостта на стъклени панели по ASTM E 1300

автор: Нели Стойкова

научен ръководител: ст. ас. инж. Димитър Велчев

Abstract: *Procedure for Determining the Load Resistance of Glass with ASTM E 1300: The paper presents a brief overview of the basis for ASTM E 1300 thickness selection charts and their usage in the window glass design procedure. The described procedure is iterative, tedious and time-consuming because of the graphical representation of nonfactored loads. In order to reduce the effort involved in using the standard the load charts are digitized and represented by analytical models using the method of least squares.*

Key words: *structural glass, design, analytical model.*

1. Въведение

Нарастващите изисквания към функционалните, архитектурно-естетични и технико-икономически характеристики на обществените и производствените сгради налагат нови концепции при оформянето на фасадите им, като се наблюдава тенденция към увеличаване на дела на фасадното остъкляване. Оптичните и топло-техническите свойства на съвременното стъкло имат решаваща роля в регулирането на осветлението и топлоизолацията на помещенията и позволяват значително повишаване на енергийна ефективност на сградата. Това води до увеличаване на размерите на стъклените панели и въпреки че натоварванията им са само от собствено тегло и от атмосферни въздействия (сняг и вятър), значим става въпроса за тяхното якостно оразмеряване.

Товароносимостта на стъклените панели е регламентирана в редица норми и стандарти, като rEN 13474, BS 6262, ASTM E 1300 и др. Чрез тях се извършват проверочни пресмятания – по определени методи, с помощта на графици и таблици, се определя допустимото натоварване в зависимост от формата, размерите, закрепването и вида на стъклото на панела. Това налага проектното пресмятане да се извършва итеративно, което изисква голям брой еднотипни отчитания и пресмятания, отнематщи време, усилия и повишаващи вероятността за допускане на грешки.

В настоящата статия са разгледани методите за определяне на товароносимостта на стъклените панели по ASTM E 1300 от гледна точка на възможностите за тяхното автоматизиране, чрез създаване на математични модели, които могат да се използват за вграждане в CAD системи, улесняващи до голяма степен процеса на проектиране.

2. Определяне на товароносимостта на стъклена плоча по ASTM E 1300.

ASTM E 1300 е въведен в края на осемдесетте години на миналия век и е в постоянен процес на усъвършенстване и развитие от група учени и експерти от промишлеността, които се срещат четири пъти годишно. В настоящата работа се разглежда версията от 2003г [1].

В основата на стандарта стоят разработките на Beason [2,3,4] и Vallabhan [5,6]. Beason прилага статистическият модел на Weibull [7] за разрушаване на крехки материали :

$$(1) \quad P_f = 1 - e^{-B}, \text{ където :}$$

P_f – вероятността за разрушаване на материала,

B – функцията на характеристиките на повърхностните пукнатини и на разпределението на напрежението, която има вида :

$$(2) \quad B = k.A.\sigma^m$$

В последният израз σ е номиналното напрежение върху повърхнината с площ A , а k и m са параметри на пукнатините по повърхността, които се определят експериментално. Параметърът m отчита нарастването на размерите на пукнатините (по-малките му стойности отчитат по-голямо нарастване), а параметърът k отчита абсолютните им размери и гъстота. След продължителни изследвания и дискусии, стойностите на горепосочените параметри за темперирано стъкло (без остатъчни напрежения по повърхността), са приети съответно $m = 7$ и $k = 2,86 \cdot 10^{-53} \text{ N}^7 \cdot \text{m}^{12}$.

Номиналното напрежение σ се получава от израза $\sigma = \sigma_{max} \cdot k_t$, където :

$$k_t = \left(\frac{d}{60} \right)^{\frac{1}{n}} - \text{коэффициент отчитащ продължителността на действие на}$$

натоварването d в секунди, а $n = 16$ (за темперирано стъкло);

σ_{max} – максималното главно напрежение в стъклената плоча.

Определянето на σ_{max} е силно затруднено поради геометрично нелинейното поведение на стъклената плоча под действието на равномерно разпределен товар перпендикулярно на повърхността, което се описва с уравненията на Von Karman :

$$(3) \quad D.\nabla^4 w = q + h.L(w, F), \quad L(w, F) = w_{,xx}F_{,yy} - 2w_{,xy}F_{,xy} + w_{,yy}F_{,xx}$$

$$(4) \quad \nabla^4 F = -\frac{E}{2}.L(w, w), \quad L(w, w) = 2w_{,xx}w_{,yy} - 2w_{,xy}w_{,xy}, \quad \text{където :}$$

$$D = \frac{E.h^3}{12.(1-\nu^2)} - \text{огъвна коравина на плочата. Тук } h \text{ е дебелината й, } E$$

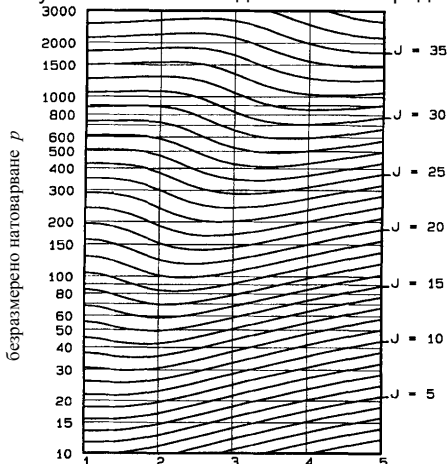
модулът на еластичност ($E = 7,17 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$), а ν – коеф. на Поасон ($\nu = 0,22$);

F – функция на Airy изразяваща мембранните напрежения, така че :

$$\sigma_x^m = F_{,yy}, \quad \sigma_y^m = F_{,xx}, \quad \tau_{xy}^m = F_{,xy};$$

q – интензитет на равномерно разпределения товар.

Vallabhan числено решава уравнения (3) и (4), по метода на крайните разлики, за правоъгълни стъклени плочи, свободно подпрени по четирите си края. Резултатите от изследванията си представя в графичен вид [5], като функция на



отношение между дългата и късата страна a/b

съотношенията между дългата и късата страна (a/b) на плочата и безразмерния товар p :

$$(5) \quad p = \frac{q.(a.b)^2}{E.h^4}.$$

На базата на тези резултати уравнение (2) се записва в следния вид [4] :

$$(6) \quad B = K.e^J, \quad \text{където :}$$

$$(7) \quad K = \frac{k}{(a.b)^{m-1}} (E.h^2)^m \left(\frac{d}{60} \right)^{\frac{m}{16}}$$

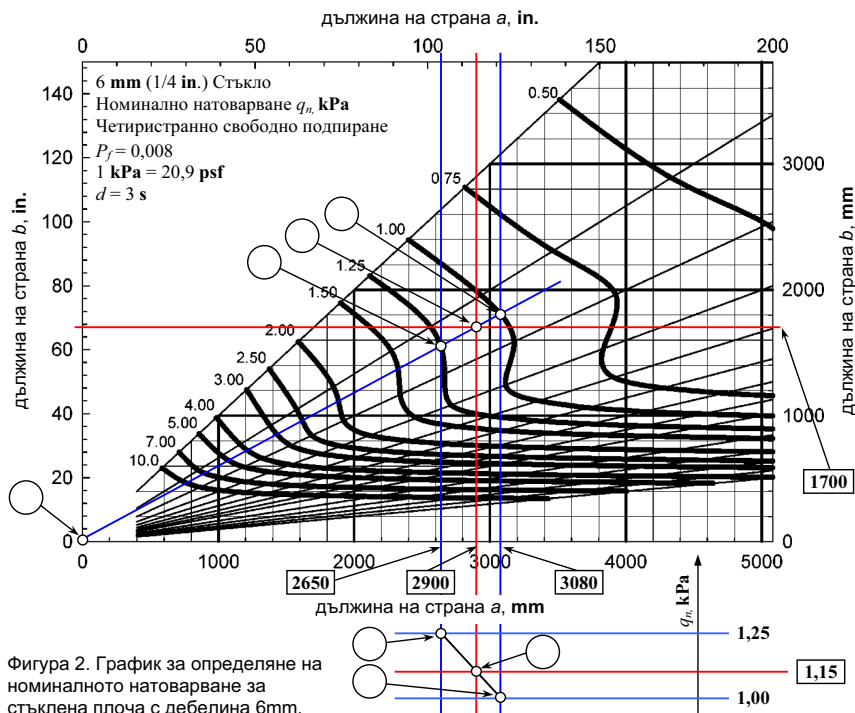
$$(8) \quad J = \ln \left[R \left(m, p, \frac{a}{b} \right) \right]$$

В (8) величината R се нарича коефициент на риска, функция на m , p и a/b и отчита нелинейното поведение на стъклената плоча, а стойностите на J могат да се определят от фиг. 1.

Уравнение (1) се записва във вида : $P_f = 1 - e^{-Ke^J}$, като за малки стойности на P_f ($P_f < 0,05$), може да се приеме :

$$(9) \quad P_f \approx -Ke^J,$$

Чрез уравнения (5), (7), (9) и фиг.1, може да се изчисли вероятността за счупване на стъклена плоча, изработена от temperirno стъкло, при зададени размери, натоварване и продължителност на действие на натоварването, но този начин се оказва твърде неудобен за практически цели. За да се улесни работата на проектанта, в ASTM E 1300 са приложени 12 графици, от типа показан на фиг.2, за всички стандартни произвеждани дебелини на стъклата. Всички графици са за продължителност на действие на натоварването $d = 3 \text{ s}$, вероятност за разрушаване $P_f = 0,008$ и се отнасят за temperirano стъкло, чието допустимо натоварване се приема за номинално.



Фигура 2. График за определяне на номиналното натоварване за стъклена плоча с дебелина 6mm.

Определянето на номиналното допустимо натоварване се извършва по начина, показан на фиг.2. За дадени размери ($a = 2900 \text{ mm}$, $b = 1700 \text{ mm}$) се определя т. А. След това се построява линията на еднакво съотношение между страните (b/a), свързваща началото на координатната система т. В с т. А. Определят се пресечните точки на линията с близките до т. А изолинии на натоварванията т. С и т. D. За последните се отчитат координатите по a ($a_c = 2650 \text{ mm}$, $a_D = 3080 \text{ mm}$) и съответстващите им натоварвания ($q_{nC} = 1,25 \text{ kPa}$, $q_{nD} = 1,00 \text{ kPa}$). За да се определи допустимото натоварване за $a = 2900 \text{ mm}$, се извършва линейна интерполация, което може да стане графично или аналитично. Графичното определяне е показано на фиг.2 – начертава се ос q_n и на нея с определен мащаб се нанасят стойностите q_{nC} и q_{nD} , определят се т. Е и т. F, свързват се с права линия,

след което се определят т. **G** и се измерва координата y по ос q_n ($q_n = 1,15 \text{ kPa}$). Окончателното допустимо натоварване се получава, като номиналното се умножи по коефициент на типа на стъклото, който се дава в табличен вид.

3. Математичен модел.

От казаното до тук ясно се вижда, че основната трудност при определяне на допустимото натоварване се състои в определянето и отчитането на координатите на пресечните точки на линията на еднакво съотношение с изолиниите на номиналното натоварване, което се извършва чрез геометрични построения и измервания. Тази дейност изисква повишено внимание от страна на проектанта и може да доведе до редица грешки, поради необходимостта от многократното ѝ повторение.

Горепосоченият проблем може да бъде преодолян чрез представяне на изолиниите в аналитичен вид, което може да се извърши с апроксимация на отчетени от графиката стойности по метода на най-малките квадрати. Методът се състои в минимизиране на сумата от квадратите на грешките :

$$(10) \quad \chi^2 = \sum_{i=1}^N (b_i - \hat{b})^2, \text{ където :}$$

b_i – i -тата отчетена стойност за параметъра b ;

$\hat{b} = \varphi(a, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r)$ – апроксимираща функция на b с аргумент a и параметри $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r$.

Задачата се свежда до определяне на параметрите на избрана функция φ , чрез решаване на системата уравнения :

$$(11) \quad \frac{\partial \chi^2}{\partial \beta_j} = (-2) \cdot \sum_{i=1}^N [b_i - \varphi(a, \beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_r)] \frac{\partial \varphi}{\partial \beta_j} = 0, \quad j = 0, 1, 2, \dots, r$$

Съществуват редица съвременни програмни системи работещи по описания метод, като OriginLab [8], които позволяват избор на значителен брой апроксимиращи функции и автоматизирано определяне на техните параметри. Дори и много сложни криви, като изолиниите на натоварването сравнително лесно могат да се апроксимират, но се налага използването на сложни функции, което би затруднило аналитичното определяне на пресечните им точки с линиите на еднакво съотношение.

Анализът на графициите показва, че характера на изолиниите е еднакъв за определени интервали на съотношенията между страните, като се наблюдава усложняване на кривите с отдалечаването им от началото на координатната система. Това позволява те да бъдат апроксимирани по части с линейни и степенни функции от вида :

$$\hat{b} = \varphi(a) = \beta_0 + \beta_1 \cdot a + \beta_2 \cdot a^2 + \dots + \beta_r \cdot a^r$$

Пресечните точки с линиите на еднакво съотношение се получават чрез решаване на системата :

$$\begin{cases} \hat{b} = \beta_0 + \beta_1 \cdot a + \beta_2 \cdot a^2 + \dots + \beta_r \cdot a^r \\ \hat{b} = k \cdot a \end{cases}$$

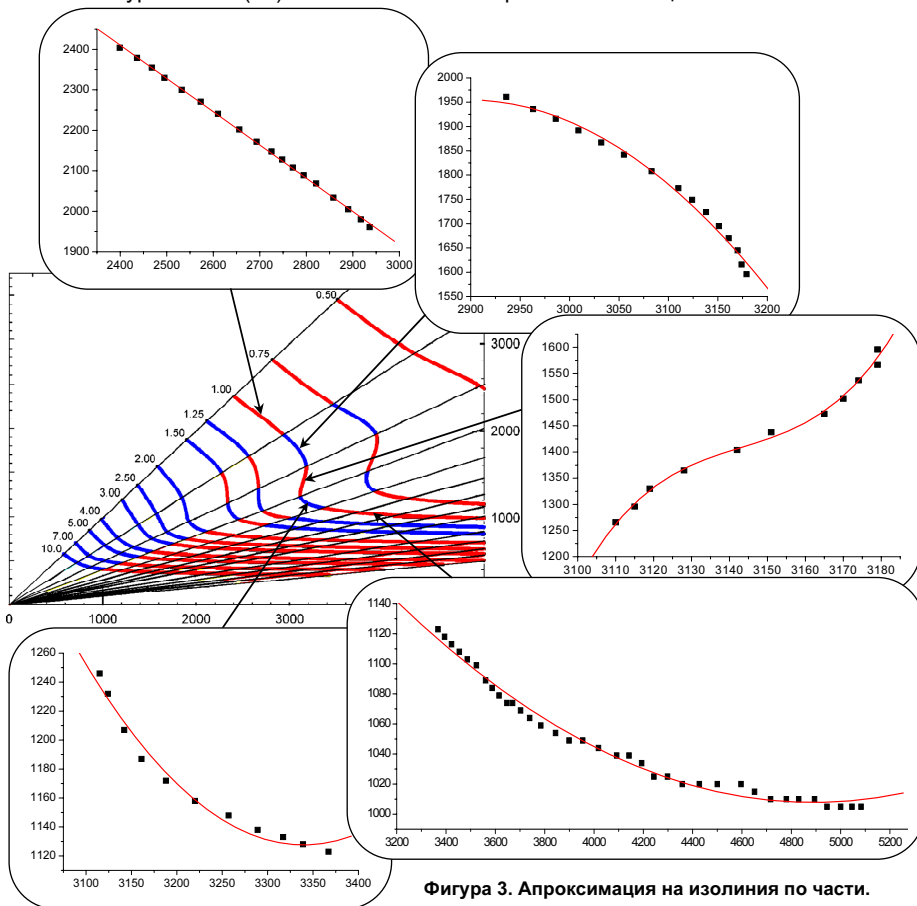
или

$$(12) \quad \beta_0 + (\beta_1 - k) \cdot a + \beta_2 \cdot a^2 + \dots + \beta_r \cdot a^r = 0$$

Последното уравнение се решава числено и е удобно за програмна реализация, тъй като много компилатори на Fortran и C++ притежават вградена функция за определянето на корените на полиномна функция от произволна степен.

На фиг. 3 е показана примерна апроксимация на изолиния разделена на пет интервала. Апроксимиращите функции са една линейна, три квадратни и една

кубична. Табличните стойности са отчетени от графиката чрез дигитализираща програма WinDig2.5 и са обработени с OriginLab7.5. Резултатите от решенията на системата уравнения (11) за съответните интервали са обобщени в табл. 1.



Фигура 3. Апроксимация на изолиния по части.

Таблица 1. Резултати от апроксимацията с OriginLab7.5

Интервал	Коефициенти на апроксимиращите функции				Макс. абсолютна грешка Δ , mm	Макс. относн. грешка δ , %	Коеф. на детерминираност R^2	
	a/b	β_0	β_1	β_2				β_3
1,0 ÷ 1,5		4382,65879	-0,82182	0	0	8,80304	0,44689	0,99918
1,5 ÷ 2,0		-33391,01843	24,40311	-0,00421	0	15,27127	0,93615	0,99052
2,0 ÷ 2,5		-6,13033·10 ⁷	58507,68138	-18,61348	0,00197	16,07557	1,01749	0,99468
2,5 ÷ 3,0		25355,19703	-14,50955	0,00217	0	9,83949	0,82212	0,98032
3,0 ÷ 10		2128,28287	-0,45833	4,68712·10 ⁻⁵	0	8,15506	0,80596	0,98794

Адекватността на модела се оценява чрез максималната абсолютна грешка, максималната относителна грешка и коефициента на детерминираност.

Максималната абсолютна грешка се определя като $\Delta = \max(b_i - \hat{b}_i)$ и не трябва да надвишава половината от грешката от дебелината на изолиниите, която е 20 mm.

Максималната относителна грешка е $\delta = \max \left(\frac{|b_i - \bar{b}|}{b_i} \right)$

Коефициентът на детерминираност се определя по формулата :

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (b_i - \bar{b})^2}{\sum_{i=1}^N (b_i - \bar{b})^2}, \text{ където } \bar{b} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N b_i$$

Чрез него се определя свързаността на отчетените от графиката стойности с математическия модел. Неговите стойности са в граници от 0 (при абсолютно несъответствие) до 1 (при идеално съответствие на модела).

От резултатите показани в табл.1 се вижда, че максималната абсолютна грешка е по-малка от допустимата, а коефициента на детерминираност е близък до единица. Това показва, че приетите апроксимиращи функции описват разглежданата изолиния на номиналното допустимо натоварване с достатъчна точност. Подобни резултати се получават и при останалите изолинии.

4. Заключение.

Изборът на размерите и вида на стъклото при дадено натоварване с разгледаният стандарт ASTM E 1300 се извършва чрез отчитане от графици, което затруднява практическото му използване. С помощта на описания в статията подход може да се ускори и да се улесни до голяма степен тази дейност, да се намали броя на рутинните операции и да се ограничи вероятността от допускане на грешки. Аналитичното представяне на графичните данни позволява вграждане в CAD системи и разработване на различни програми и алгоритми за оптимизация на конструкциите на фасадите.

6. Литература

- [1] ASTM E 1300 – 3, Standard Practie for Determining the Load Resistance of Glass in Buildings, ASTM International, West Conshohocken, 2003.
- [2] Beason, W. L., Morgan, J. R., Glass Failure Prediction Model, J. of Structural Engineering, Vol. 111, No. 9 2058-2059, 1985.
- [3] Beason, W. L., Kohutek, T. L., Bracci, J. M., Basis for ASTM E 1300 Glass Thickness Selection Procedure, Civil Engineering Department, Texas A & M University, 1996.
- [4] Beason, W. L., Kohutek, T. L., Bracci, J. M., Basis for ASTM E 1300 Annealed Glass Thickness Selection Charts, J. of Structural Engineering, Vol. 124, No. 2 215-221, 1998.
- [5] Vallbhan, C. V. G., Wang, B. Y., Nonlinear Analysis of Rectangular Glass Plates by Finite Difference Method, Inst. for Disaster Res., Texas Thech University, Lubbock, 1981.
- [6] Vallbhan, C. V. G., Interactive Analysis of Nonlinear Glass Plates, J. of Structural Engineering, Vol. 102, No. 2 489-502, 1983.
- [7] Weibull, W., A Statistical Theory of the Strength of Materials, Ingeniorsvetenskapsakademiens, Handlingar, NR 151, Stockholm, Sweden, 1939.
- [8] Origin Reference v7.5, OriginLab Corporation, Northampton, USA, 1991-2003.

За контакти:

Нели Стойкова, студент II курс, специалност “Машиностроителна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”

ст. ас. Димитър Велчев, катедра “Техническа механика”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Тел.: 082 888224, E-mail: dvelchev@ru.acad.bg.

Идеен проект БРАН (Български Ракетен Автоматичен Носител) за разработка на експериментална ракета носител с помощта на CAD/CAM системи

автор: инж. Павел Ангелов
научен ръководител : гл.ас.инж. Иво Атанасов

Abstract: *The BRAN Series of High Altitude Research Rockets is being developed specifically for the varied requirements of scientific and defence space research as a joint Industry Program. This series of utility vehicles will initially cover an altitude range of between 30 kilometers and 1500 kilometers with payloads of from 50 kilograms to 120 kilograms. Launching can be carried out over a wide temperature range and simple launching facilities are required.*

Key words: *Sounding rocket, experimental rocket*

В представеният идеен проект се описват основните принципи при конструирането на експериментална ракета носител. Прилагат се конструкторски 3D идейни модели на основните елементи и описание на етапите на разработване на подобни процеси.

I. План за създаване на проекта и построяване на ракетата

В представеният идеен проект се описват основните принципи при конструирането на експериментална ракета носител. Прилагат се конструкторски 3D идейни модели на основните елементи и описание на етапите на разработване на подобни процеси.

Основни моменти за създаване на проекта са:

1. Създаване на двигател:

Корпус от стомана цилиндричен с две дъна (предно и задно), стоманена дюза и графитна вложка.

2. Създаване на гориво

За горивото: определяне на подходящите съставки и тяхното процентно съотношение (гориво: твърдо - алуминиев прах и калиев хлорат). Изработване на горивото. Изпитания на двигателят с полученото гориво и при необходимост промени.

3. Тяло на експерименталната част:

Определяне на основните размери на ракетата за двигателя; Сила; Изчисление и определяне диаметъра и дължината на тялото - конструктивни изчисления за здравината на тялото работни чертежи с размери за секциите на тялото; Изработка и тестване на получените секции.

4. Стабилизатори:

Изчисляване на необходимата площ на стабилизаторите; Определяне на броя им (4 броя е най-подходяща симетрична схема); Определяне на формата и размерите с цел постигане на оптимални характеристики (избор между трапец или триъгълник); Определяне на профила на стабилизаторите; Изработване на работен чертеж; Изработване на детайл – тестов: проверка на получените стабилизатори с предварително изчислените теоретично данни – тегло, размери, център на тежестта (ЦТ) и т.н.

5. Носов обтекател (конус):

Определяне на конструктивните размери на конуса; Изчисление на челното съпротивление т.е. определане на формата на конуса с цел по-добро обтичане; Конструктивни чертежи с размери; Изработка, полиране и тестване на конуса.

6. Система за връщане (парашути)

6.1. Изработване и определяне. Тестване характеристиките на предложената основна система за приземяване.

6.2. Изчисляване на размерите на резервната и аварийните системи. Изчисления, чертежи; изработване, тестване.

Допълнително е необходима и помощ и идеи за изработване и тестване на изхвърлящите устройства (пиропатрони и т.н.) и съвместяването на спасителните системи в корпуса на ракетата, както и определяне на ел.характеристики – токове, напрежение, изискванията за надеждно задействане на пиропатроните, което да се вземе в предвид при изработването на БРЕО.

7. Бордова електроника (Бордово Радио Електронно Оборудване - БРЕО):

Разработването на надеждна и качествена електронна схема е доста сложно, може би дори колкото изработването на цялата ракета - за това тук ще съм благодарен на доста помощ от приятели, колеги и от спонсори.

Определяне на основните функции на БРЕО за проекта;

-модулна конструкция (МК);

-брой и вид датчици и изпълнителни механизми;

-телеметрия;

-бордови източник на захранване (БИЗ);

-видеозаписване и др..

Предложение за конкретна реализация: в смисъл конкретизиране на елементите датчиците и намиране на съответните datasheet-ове. Определяне разположението и размерите на платката (платките) в ракетата; проектиране на принципната схема; проектиране на печатните платки; изработка на платките; запояване на елементите тестване на схемата. Разработване на програми за използваните Ракетни Компоненти (РК) и тестването им в симулатори (този процес може да върви паралелно с проектирането на схемите т.е. да се спести време). Програмиране и окончателно тестване на ел.схеми; монтиране на завършените блокове в ракетата.

8. Пускова установка:

Цел: проектиране и изработване на подходяща пускова установка и стартиращо устройство. Предлагам за водач на експерименталната ракета да се използва алуминиев профил с подходяща дължина и размери. Необходими действия:

- определяне вида и размера на профила и закрепващите водачи;

- конструктивни изчисления за якост на опън деформации и т.н. Чертежи за изработване на стойката и на самото пусково устройство. Изработване на пусковото устройство. **Идея:** схеми и чертежи за изработване на стартиращо устройство. Изработване на стартиращото устройство тестване на стартиращото устройство.

9. Финиш на тялото:

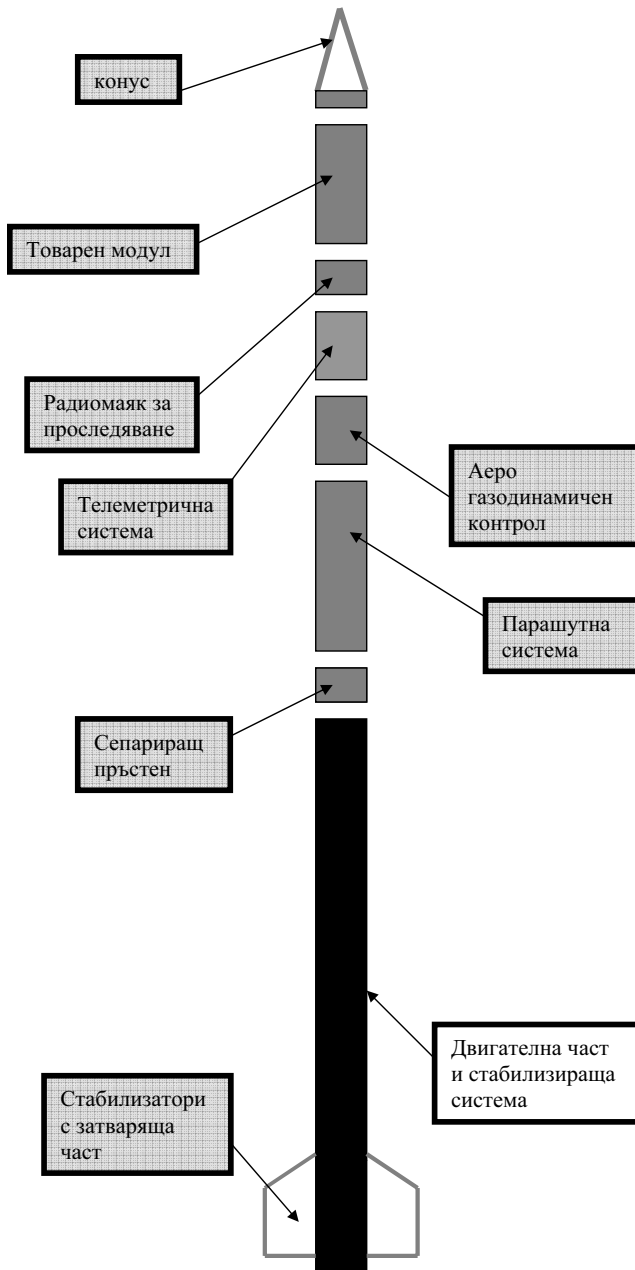
боядисване за опознаване (цвет на тялото: черно; двигател – сив - експериментална част и конус. Сиви –стабилизатори и черна затваряща част) плюс реклами на спонсорите.

На **фиг.1.** е показана примерна модулна компоновъчна схема на ракетата.

II. Основни цели на проекта

Ракетата носител БРАН предотставя широк спектър от възможности. Различни размери и мощности на двигателя или двигателите (за бъдещ проект на многостепенна ракета), различни методи за приземяване (приводняване), аеро и газо-динамичен контрол, и други различни компоновъчни схеми, са осигурени от модулната конструкция.

Всяка от многото комбинации на построяване на носителя ще доведат до различни възможности на системата, при заложен критерий минимални разходи на производство.



фиг.1. Модулна компоновъчна схема

III. Основни цели на проекта

Седемте базовите цели на проекта са:

- (1) Лесна предварителна подготовка;
- (2) Наличие на възможност за употреба в широк спектър изследователски задачи;
- (3) Висока степен на надеждност;
- (4) Висока ефективност при минимални разходи;
- (5) Простота на конструкцията и процедурите по предполетна подготовка;
- (6) Възможности за пуск в широк спектър от метео условия;
- (7) Висока мобилност и възможност за пуск и приземяване или приводняване на всякъде и в всички заинтересовани държави.

Основните изисквания при всички ракети от този клас са да покриват височините от 30 до 1500 километра. За учените, изследващи границите с открития космос представлява най-голям интерес височината от 1000 километра, както и височината от 100 километра, на която е разположена линията на Камерман.

Приблизително описание на ракетата носител (технически данни):

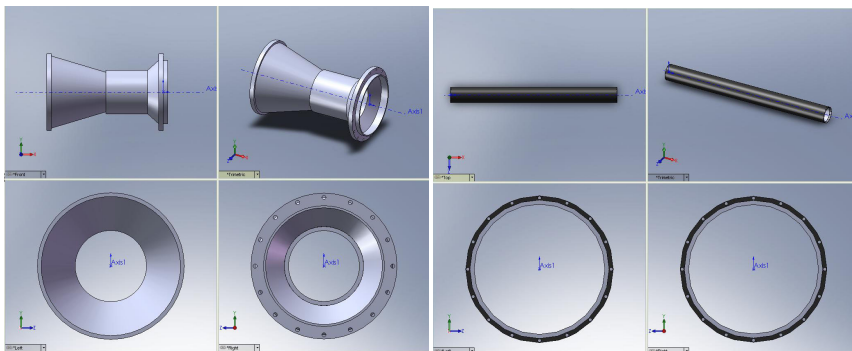
Дължина на тялото.....	10000/12000 мм
Диаметър на тялото.....	440 мм
Дължина на товарният модул.....	800/2000 мм
Тегло на полезният товар.....	50/120 Kg
Приблизителна тяга на двигателя.....	100 KN
Система за приземяване и или приводняване.....	три парашутна

(стабилизиращ парашут с малка площ основен парашут и резервен парашут)

Научни възможности – събиране на различен тип данни (температури и налягания в атмосферата, спектрографски анализ на атмосферата на различни височини, следене на измененията на магнитното поле на земята, следене на слънчевата активност, и други подобни експерименти); с помощта на GPS - координатно позициониране.

IV. Приложения:

За проекта със известна секретност с цел запазване на авторските си права прилагам следните 3D CAD модели, разработени в среда Solidworks и описание на конструкцията (фиг.2. до фиг.6.):

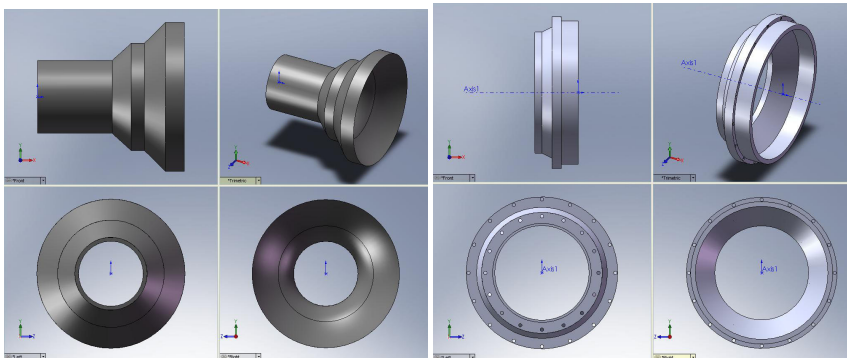


Фиг. 2 Модел на дюзата

Фиг. 3 Модел на горивната камера

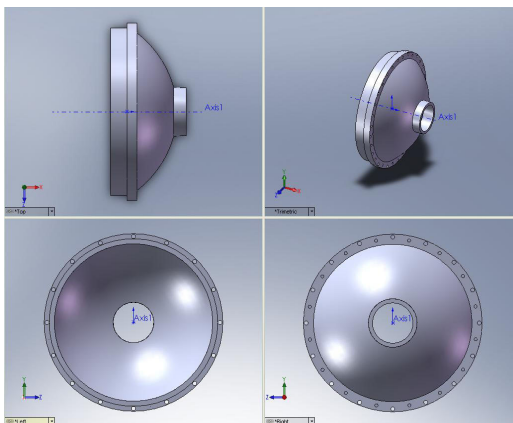
Дюзата ще бъде изработена от стомана, като във нея ще се монтира графитна вложка с цел термоизолация на критичното сечение и предпазване от прогаряне. Монтирането на дюзата към горивната камера ще стане с помощта на задния капак, който ще държи заедно дюзата, графитната вложка и горивният заряд.

Предният капак ще затваря горивната камера и ще служи за монтиране на запалката на двигателя и двигателният адаптер както и сепарираният пръстен.

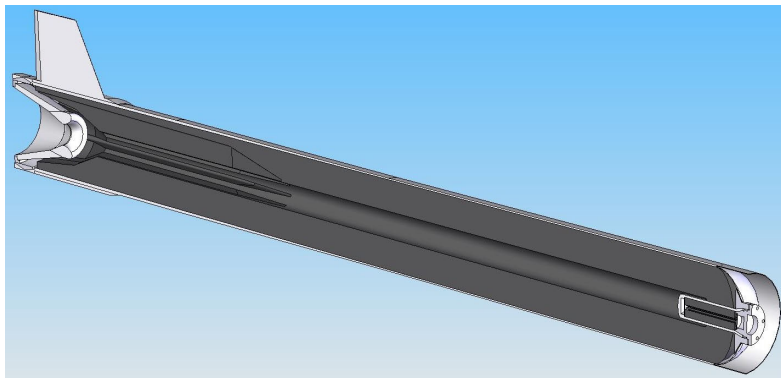


Фиг. 3 Модел на графитната вложка

Фиг. 4 Модел на задния капак



Фиг. 5 Модел на предният капак



Фиг.6 Модел на сглобена единица на първата отпадна версия на двигателя и стабилизаторите

V. Заключение

Като заключение мога да кажа, че това е първият подобен проект в България който може да послужи за разработването на по-сложни ракети носители с течно гориво. Развитието на този проект ще бъде поредната крачка на развитие на Българската космическа програма и евентуален проект за построяване на изцяло проектирана и построена в България пилотируема космическа система. Ако бъдат намерени спонсори за развитие на проекта, програмата може да бъде успешно развита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Д.Донков – CAD/CAM системи в машиностроенето, част 1 и 2, Университетско издателство “В.Априлов”, ТУ – Габрово, 1999, 2002.
- [2] Ц.Стоянов и колектив – SolidWorks – Книга за потребителя, издание на Ф”ДиТра” – CAD/CAM център на Ф”Технологика”, София, 2006.
- [3] www.ditra.bg ; www.solidworks.com ; www.featurecam.com
- [4] www.arcaspace.ro
- [5] www.google.bg с ключови думи „sounding rocket” и „ракети носители”

За контакти:

инж. Павел Ангелов, специалност “Технология на Материалите”, МТФ, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел. 0886 208 364, e-Mail: pawel_ss@abv.bg и p.angelov@montupet.bg

гл.ас.инж. Иво Атанасов, катедра “ТММРМ”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082 888 469, e-mail: iatanasov@ru.acad.bg

Твърдофазна цементация на стомани

автор: Милен Миленов

научен ръководител : доц. д-р инж. Пламен Данев

***Solid carburizing of steels:** The advantage and disadvantage of the solid carburizing was discussed in the paper. The temperature and time influence at the carburizing conditions upon thickness of carburized layer after slow cooling, the structure and the hardness after quenching was investigated. The investigated materials are typical steels used for carburizing and such after building up by welding. The influence of annealing temperature on hardness of carburized and quenched samples was determined.*

Key words: steels, solid carburizing.

ВЪВЕДЕНИЕ

Цементацията е високотемпературен химико-термичен процес на насищане с въглерод на повърхностния слой на нисковъглеродните стомани. След операцията се провежда закаляване и нискотемпературно отвърщане за получаване на уякчен, твърд, износоустойчив повърхностен слой и по-мека, но жилава сърцевина [1].

Тъй като въглеродът е практически неразтворим в α -фазата, то цементацията се осъществява в температурния интервал 900...950°C, т.е. над критични температури за стомани с въглерод – до съдържание в интервала 0,1...0,3 %. След бавно охлаждане в края на процеса структурата на повърхностния слой е като на надвектоидни стомани, перлито-цементитна (желателно е въглерода на повърхността да не надвишава 1,2 %), а на сърцевината ферито-перлитна (като на подвектоидна стомана).

Типични марки конструкционни стомани подлагани на навъглеродяване са: Ст.2, Ст.3, 08, 10, 15, 20, 15X, 20X, 20XM, 18XГТ, 25XГР, 25XГМ, 30XГТ, 12ХНЗА, 18Н2Н4МА и др. След закаляване на стоманите твърдостта, якостта и уморната трайност на повърхностния слой са високи, а твърдостта на сърцевината е в интервала 30...45 HRC [2].

Цементацията се извършва във въглеродосъдържащи твърди, течни или газообразни среди при атмосферно налягане, надналягане или вакуум. Самите среди, от които се получава атомарен въглерод се наричат карбуризатори.

Твърдофазното навъглеродяване се използва сравнително рядко в практиката на термичното обработване. Причина за това основно е трудния контрол на процеса и многото фактори (в повечето случаи неуправляеми) влияещи върху състава на дифузионния слой.

Твърдофазното навъглеродяване има обаче няколко неоспорими достоинства:

- простота на технологичния процес;
- извършва се в пещи с най-различна конструкция на нагревното пространство;
- нищожни деформации след операцията.

Първото и второ достоинство създават предпоставки за използване на химико-термичната операция в условията на дребносерийното и единичното производство. Подходящо е също твърдофазната цементация да се използва при ремонтни дейности и възстановяване на износени машинни детайли, където внасянето на допълнителни напрежения и деформации от нагриването е недопустимо.

Недостатъците на метода са свързани с невъзможност за регулиране на въглеродния потенциал, затруднения при непосредствено закаляване след операцията, ниска скорост на насищане и загуби на енергия за нагриване на контейнера.

Основният недостатък, свързан с ниската скорост на насищане може да бъде избегнат чрез внасяне на ускоряващи компоненти към дървените въглища.

През последните няколко години публикациите, за твърдофазното навъглеродяване не нарастват, но и не намаляват. Това показва, че към него все още има интерес. Развитието на процесите на насищане се свързват основно с използването на добавки към основния карбуризатор – дървените въглища. Тези добавки могат да се разграничат по своето действие на две групи:

- предизвикващи интензифициране на дисоциацията на въглеродния оксид в сместа;

- добавящи азот в газовата фаза (т.е. по същество твърдофазна нитроцементация).

Тези добавки съдържат ацетати, карбонати и флуориди, а количеството им в карбуризатора е около 1% (по маса).

Определен практически интерес представлява разкриването на връзките между дълбочината на наситения слой, твърдостта, състава и структурата на сплавите след провеждане на термичните операции.

В настоящия доклад е направен преглед на състави (смеси) за твърдофазна цементация и след експерименти за екстремално насищане при постоянна температура е избран оптимален състав.

Цел на работата е изследване на твърдофазното навъглеродяване с ускоряващи добавки за типични марки цементуеми стомани и електродъгово наварени железни възстановителни слоеве. Влиянието на следващо закаляване и отвърщане върху някои механични свойства на наситените слоеве са също предмет на статията.

ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Методика на изследването

Пробните тела са изработени от качествени конструкционни стомани 18ХГТ, 20 и 20CrMo4 (20ХМ). Всички те преди навъглеродяване са подложени на нормализация по режим: $T_{\text{норм}} = 900 \pm 10^\circ\text{C}$, $t_{\text{зад}} = 30 \text{ min}$ и следващо охлаждане на въздух.

Наварените сплави за цементация са навъглеродени без предварително термично обработване. Извършено е еднослойно наваряване с електроди $\varnothing 3,25 \text{ mm}$ върху подложка от стомана 3 с дебелина 5 mm. Използвани са електроди Вежен [3], Норд [3], ОК 83.28 [4] и тел 08Г2С с ориентиран състав посочен в табл. 1.

Среден химически състав на сплавите, преди наваряване табл. 1

Марка	Химичен елемент, %					
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Други
Вежен	0,08	0,4	0,25	-	-	-
Норд	0,08	1,2	0,4	< 0,3	-	-
ОК 83.28	0,10	0,7	0,7	3,2	-	-
08Г2С	0,08	1,8	0,8	< 0,3	< 0,3	

Навъглеродяването на пробните тела се извърши в пещ ПЕК – 9 с точност на поддържане на температурата $\pm 5^\circ\text{C}$ (за температури над 800°C). Температурата допълнително се проверява и коригира с цифров термометър THERM.

Отвърщането на пробните тела се извърши в лабораторни камерни пещи ПЕК – 6 и ПЕК – 4. Поради по ниската стойност на температурата и затруднения топлообмен преди всеки опит се изчаква 1 час за термостабилизация на пещта.

Цементацията се извърши при три температури: 900, 925 и 950°C , а за всяка от тях продължителността на насищане бе съответно 6, 8 и 10 часа.

Закаляването се извърши от температура $850 \pm 10^\circ\text{C}$, като задържането е съобразено с определящия размер на пробните тела.

Отвърщането се извърши при 200, 300, 400, 500°C с продължителност 2 часа.

Ефективната дълбочина на насищане след цементация се определя по вида на микроструктурата. Измерването на дълбочината на слоя се направи с увеличение $\times 100$ или $\times 400$ с помощта на околяр микрометър на Neofot – 2 и на измерителен микроскоп, като за условна граница на цементованата зона се приема мястото където в структурата се наблюдава 50 % (по площ) перлит и 50 % ферит. Това място съответства на въглеродно съдържание $\sim 0,4\%$.

Проявяването на всички проби се осъществи с 4 %-ов спиртов разтвор на HNO_3 .

Използвани са металографски микроскопи Neofot – 2, Ерутип – 2 и Olympus.

Твърдостта на пробните тела при доставка, наваряване и след цементация, закаляване и отвърщане се измери по метода на Бринел и Роквел. Място на измерването е повърхността на пробните тела.

2. Резултати от изследването и техния анализ

Поради ограниченията в обема на настоящия доклад в него са изложени само част от получените резултати.

След навъглеродяване и охлаждане на въздух заедно с контейнера се наблюдава уякчаване на малките пробни тела вследствие обогатяването на повърхността с въглерод. Получените средни твърдоти са изложени в табл.2. Най-висока твърдост получават сплавите легирани с хром, молибден и титан. Екстремно уякчаване се наблюдава за наварената сплав ОК 83.28, която е предназначена за износостойчиво наваряване.

Средна твърдост на пробните тела след навъглеродяване и охлаждане на въздух (нормализация) заедно с муфела

табл.2

Режим		Марка (означение) на сплавта, <i>HRC</i>						
T°, C	t, h	20	18ХГТ	20CrMo4	08Г2С	Вежен	Норд	ОК 83.28
900°	6	20	28	32	26	21	25	35
	8	28	34	36	29	25	27	38
	10	29	35	36	27	23	28	35
930°	6	23	35	39	33	26	29	45
	8	33	38	40	33	33	33	46
	10	24	34	40	31	29	28	43
950°	6	26	33	38	25	21	23	37
	8	31	34	36	27	24	25	38
	10	29	39	38	30	27	25	40

Получените резултати за средната дълбочина на навъглеродения слой са изложени в табл.3. Установява се, че основните технологични параметри на навъглеродяването – температура и време влияят силно върху микроструктурата и дълбочината на наситените с въглерод повърхностни слоеве. Съставът и природата на навъглеродената сплав също има значение върху по-горните контролирани параметри.

Увеличаването на температурата на навъглеродяване, предизвиква нарастване на дълбочината и въглеродното съдържание на дифузионния слой

Цементуемите въглеродни и легирани конструкционни стомани при едни и същи условия на насищане формират по-дълбок навъглероден слой от наварените сплави (08Г2С, Вежен, Норд, ОК 83.28). Сравнявайки микроструктурите на двете групи сплави (конструкционни стомани и наварените слоеве) преди цементация се установява дисперсност на структурните съставляващи на стоманите, а груба дори за някои сплави видманщетова структура - за втората група. Интересен факт е и

това, че тази структура се онаследява и след навъглеродяване. Логично е да се предположи, че по-грубите изходни структури намаляват скоростта на навъглеродяване, което потвърждава резултати от други изследвания.

Средна дълбочина на навъглеродения слой (δ), mm

табл.3

Режим T°, C ; t, h		Марка (означение) на сплавта						
		20	18ХГТ	20CrMo4	08Г2С	Вежен	Норд	OK 83.28
900°	6	0,35	0,30	0,30	0,40	0,45	0,45	0,40
	8	0,55	0,45	0,45	0,55	0,6	0,6	0,45
	10	0,60	0,50	0,50	0,60	0,70	0,70	0,60
930°	6	0,60	0,50	0,50	0,50	0,70	0,70	0,50
	8	0,85	0,75	0,75	0,65	0,90	0,90	0,65
	10	1,00	0,90	0,90	0,80	1,00	1,05	0,80
950°	6	0,70	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,60
	8	1,05	0,95	0,95	0,85	0,85	0,95	0,85
	10	1,30	1,20	1,20	1,10	1,10	1,10	1,10

По-слабо развитите гранични повърхности са основна предпоставка за забавеното насищане. Известно влияние има и нехомогенността и наличието на оксидни включения в наварените слоеве.

Подобряването на структурата на наварените сплави преди навъглеродяване може да се очаква след провеждане на нормализация. Освен благоприятното въздействие на последната върху хомогенността и дисперсността на микроструктурата, тази предварителна термична операция би повлияла положително и върху зоните на термично влияние, и на структурата на онези повърхнини от изделието, които не са засегнати от възстановителното въздействие чрез наваряване. Възможно е обаче тази операция да предизвика допълнителни деформации при реални детайли.

Съставът на навъглеродената сплав също влияе върху дълбочината на навъглеродяване. Въглеродните и нисколегиранни стомани се насищат на по-голяма дълбочина, при едни и същи температури и продължителност, спрямо легираните сплави с повече и в по-голямо количество елементи. Легиращите елементи забавят нарастването на слоя, но карбидообразуващите Ti, Mo, и Cr запазват дребнозърнестата структура на сплавта след продължителното насищане.

Установи се също, посредством сравняване дебелината на цементитната мрежа, че карбидообразуващите елементи са причина за нарастване на въглеродния потенциал на повърхността след твърдофазното насищане. Съществуват определени опасения, че в този случай при неправилно избрана температура и време на задържане при закаляване, част от мрежата би се запазила и след прехода на охлаждане. Това следва да се свърже с вероятност от шлифовъчни пукнатини, дължащи се на мрежата и повишеното количество остатъчен аустенит в повърхностния слой.

Особено внимание следва да се обърне на стоманите съдържащи хром в състава си и по-специално 20CrMo4, която образува сравнително дебела (0,01...0,02mm) цементитна мрежа след навъглеродяване и охлаждане с муфела. Вероятно за по-големи детайли (които изстиват бавно) дебелината на тази мрежа ще нараства.

Най-дебела цементитна мрежа, достигаща на дълбочина от повърхността при въглеродните стомани 0,30...0,40mm, а при легираните 0,25...0,30mm се образува при $T_c=950^\circ\text{C}$.

Влиянието на технологичния фактор време на насищане върху дълбочината на слоя също е съществено. Може да се каже, че продължителност от 10 часа се оказва максимална, предвид нарастването на зърното. Препоръчително например е

време от 8 часа за температури 930°C и особено 950°C. Може да се препоръча също за стомани с въглерод 0,3 %, 6 – 8 часа престой при $T_{ц}=900...930$, а 8 часа – за стомани с въглеродно съдържание 0,1...0,2 % C. Като изключение следва да се приеме ОК 83.28 (C=0,1 %) за която е препоръчително време 6 – 8 часа при $T_{ц}=950^{\circ}\text{C}$.

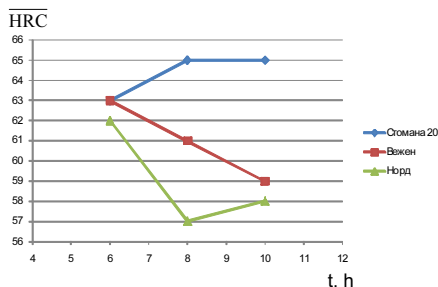
Докато за въглеродните и нисколегираните железни сплави при 900°C (температура на навъглеродяване) оптимална продължителност по отношение на $V_{цем}$ е 8 h, при високолегираната сплав ОК 83.28 и 08Г2С, V_{max} е при продължителност 10 h.

Закаляването на пробните тела от въглеродни сплави се извърши във вода, а на легираните - в масло. Структурата на първата група стомани след закаляване бе пластинчат мартензит и остатъчен аустенит. Поради по-високото въглеродно съдържание на пробите навъглеродени при 950°C, в тези случаи $A_{ост}$ бе повече.

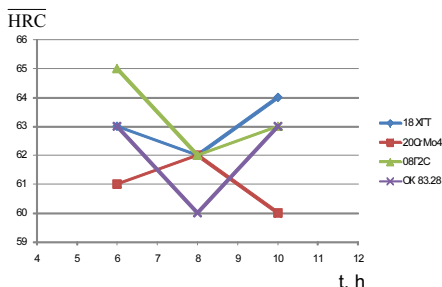
Структурата на дифузионния слой на легираните закалени стомани бе безструктурен мартензит, карбиди и остатъчен аустенит. Карбидната фаза е в най-голямо количество в стоманите 20CrMo4 и ОК 83.28.

За контрол на механичните характеристики след закаляване и отвърщане е използвана твърдостта по Роквел. На фиг.1 е показано изменението на средната твърдост на въглеродните стомани след навъглеродяване при 930°C и закаляване. Установява се тенденция за понижаване на HRC с увеличаване времето на цементация. Вероятно основната причина за този факт е нарастването на количеството $A_{ост}$ в повърхностния слой. Обработването със студ би намалило неговото количество и повишило твърдостта.

При легираните стомани (фиг.2) такъв характер на кривите не се установява. Наличието на метални карбиди в структурата на дифузионния слой оказва стабилизиращо влияние върху количеството на разтворения въглерод в α' и $\gamma_{ост}$ фази.



Фиг.1 Средна твърдост на въглеродните сплави след закаляване във вода



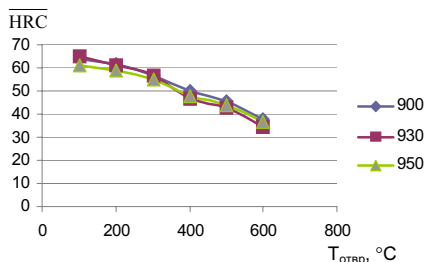
Фиг.2 Средна твърдост на легираните сплави след закаляване в масло

След отвърщане при температури 300, 400, 500 и 600°C за всички сплави се установяват известни закономерности, а само за 20CrMo4 и ОК 83.28 се наблюдава слабо изразен ефект на вторично твърдеене при 500°C.

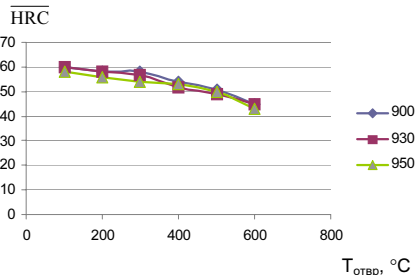
При въглеродни стомани след отвърщане при 100°C се наблюдава уякчаване с 1 HRC, дължащо се на сегрегации на въглеродни атоми около множеството дефекти, особено при наварените сплави. Намалването на твърдостта при тези стомани, отвърнати при по-високи температури, а именно 300, 400, 500 и 600°C се подчинява на линеен закон. Това позволява създаване на аналитични или графични помагала за облекчено определяне на очакваната твърдост. Получените стойности за твърдостта след отвърщане на навъглеродени нисковъглеродни стомани (20,

Вежен, Норд) над 300°C са аналогични на отчетени по използваната в практиката на термичното обработване номограма за желязо-въглеродни сплави.

Измерените твърдоти след отвърщане на легирани навъглеродени железни сплави са естествено по-високи от тези на навъглеродени нисковъглеродни стомани, което показва тяхната по-висока топлоустойчивост.



Фиг.3 Изменение на средната твърдост (за стомана 20) на закалените сплави след отвърщане ($t_{зад}=1,5h$; $t_{ц}=10h$)



Фиг.4 Изменение на средната твърдост (за 20CrMo4) на закалените сплави след отвърщане ($t_{зад}=1,5h$; $t_{ц}=10h$)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

От по-горе изложените резултати могат да бъдат направени следните изводи и заключения:

1. Изследвано е влиянието на $T_{ц}$, $t_{ц}$ и химическия състав на железни сплави върху микроструктурата и дълбочината на насищане след твърдофазно навъглеродяване с активиращи азотоотделящи добавки. Установено е, че скоростта на твърдофазното навъглеродяване при $T_{ц}=930^{\circ}\text{C}$ и 950°C е съпоставима със скоростта при газово навъглеродяване с течен карбуризатор от керосин и нафта при 920°C .

2. При всички условия на твърдофазното навъглеродяване за изследваните стомани след охлаждаето с муфела в края на процеса на повърхността се оформя цементитна мрежа.

3. Твърдостта след закаляване на железни сплави, подложени на твърдофазно навъглеродяване, е аналогична на цитираните в литературните източници твърдоти получени след газово навъглеродяване и аналогично закаляване.

4. Установена е връзката на температурата на отвърщане на закалените навъглеродени стоманени пробни тела с очакваната средна твърдост. Получени са удобни за практиката графични зависимости в координати „HRC- $T_{отвр}$ “, които се използват в термичното отделение на Ф. "Металика-МИСТ" Русе.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гуляев, А. П., Металловедение, Москва, Металургия, 1966.
- [2] Фиргер, Й., Справочник на термиста, София, Техника, 1985.
- [3] Electrodes PLS Ihtiman, Фирмен проспект, 2006.
- [4] ESAB, Фирмен проспект, Köln, 2001.

За контакти:

Доц. д-р Пламен Данев, Катедра "Материалознание и технология на материалите", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 310, e-mail: plasida@ru.acad.bg

Преустройство на вакуумна инсталация за метализация чрез магнетронно разпрашване и електродъгово изпаряване

автор: Петър Георгиев
научен р-л: проф. д-н Руско Шишков

Abstract: A single chambered vacuum unit for metallizing by magnetron sputtering and ARC evaporation has been reconstructed in order an opportunity for a temperature control of the substrates during the process to be created. A new device permitting two thermocouples to be put through the floor of the vacuum chamber has been developed. Its design allows additional thermocouples to be entered if necessary. The device has been tested.

Key words: Vacuum, metallizing temperature, heater, thermocouple

ВЪВЕДЕНИЕ

Физическата същност на процеса за нанасяне на покрития във вакуум в най-общия смисъл на думата се заключава в получаването на пари от дадено вещество в условията на понижено налягане (вакуум), които се отлагат (кондензират) върху друг материал (подложка) и формират покритие. Когато парите са метални е прието този процес да се нарича вакуумно метализиране. Отлагачите се пари образуват кондензат, в който могат да протичат или не дифузионни процеси по време на формирането му. Ако температурата е достатъчно ниска и дифузията е невъзможна, се получава аморфно покритие. С повишаване на температурата, при която се получава покритието, подвижността на атомите постепенно нараства и стартират последователно дифузионни процеси. Един от основните параметри на вакуумната метализация е температурата на подложката - T_p . Тя още се нарича температура на метализация T_m (T_p), доколкото в действителност става дума за температурата на метализираната повърхност. При някои автори тя се среща като температура на кондензация T_k , но трябва да се има предвид доказаното, теоретически и експериментално, прегряване на метализираната повърхност, поради енергийния приток от кондензацията на парите. Част от него се превръща в топлина, която повишава температурата на повърхността, а отвеждането на топлината по дълбочина е свързано с всички особености на топлопренасянето в твърди среди. В зависимост от скоростта на постъпване на енергията и характеристиките на подложката (маса, състав, структура, охлаждане и други) ще зависи степента на прегряване т.е. действителната температура на кондензация "слой по слой" и съответно разликата с обемната температура на подложката или в най-общия смисъл температурата на метализация, която обикновено се измерва. Прегряването може да достигне от десетки до стотици градуси, което често е от съществено значение. Значението на T_p е съществено за процесите, които протичат при формирането на структурата. Това е отразено във всички СЗМ. Въпрос е доколко могат да се съпоставят резултатите на различните автори или да се пренасят експериментално получени резултати при едни подложки върху реални изделия с друга геометрия предвид разликата между T_p и T_k , след като на практика се измерва температурата на подложката, а не кондензация. Последната обаче пряко определя повърхностната дифузия D_s , тя пък определя процесите на изграждане на кондензата, особено при ниски температури и кратки процеси. Освен това създаващата се температурна разлика по дълбочина между отделните слоеве на кондензата и подложката ще оказва влияние и на обемната дифузия D_v в това число и на дифузионното взаимодействие кондензат-подложка. Още повече се усложнява картината, като се вземе предвид и фактът, че температурният градиент определя и разлика в обемите, явяваща се от своя страна предпоставка за термични напрежения. Те често се компенсират структурно по време на метализацията, но с

прекръпяване на процеса и охлаждане до стайна температура механичните напрежения, ако не се поемат от структурата или не доведат до структурни изменения, водят до разрушаване на покритието. Задачата на настоящата работа е осигуряване на възможност за регистриране и контролиране на температурата на подложките във ВИМ-МР/ЕДИ.

1. Анализ на ВИМ-МР/ЕДИ и новите възли

Решаването на задачата би могло да се извърши преустройството на ВИМ-МР/ЕДИ, засягащо основно въртящата се централно разположената в подовата част масичка за поставяне на пробните тела и изделия. То е осъществено чрез преустройство на съществуващ възел. Преустройството включва демонтаж на съставните части, измерване на необходимите размери, конструиране на нов възел и съответните му детайли. Изработване на необходимите детайли за конструкцията и монтаж на новия възел. Провеждане на пробни изпитания. Пробните тела се разполагат върху въртяща се масичка, задвижвана от ремъчна предавка която предава движението от водещия вал на електродвигател към водимият вал на камерата. Тя има две различни конфигурации с диаметри съответно 185 и 300mm. Уредбата осигурява вакуум приблизително 2.10^{-3} Pa. Работното налягане се постига с помощта на въздухосборен агрегат, състоящ се от три вакуум-помпи. Вакуумното съоръжение (ВИМ-МР/ЕДИ) разполага с два източника на метални пари: магнетронен разпръшител с хромова мишена и електродъгов изпарител с титанова мишена. При магнетронно разпръшване покриваният материал е отделен под формата на атоми или молекули от мишена с помощта на енергийно бомбардиране в среда от аргон и се отлага като атомни слоеве върху материала, върху който се прави покритието (детайла). Оптимизирането на разстоянието между мишената и детайла води до получаване на еднаквост на покритието. При изпаряване на материала (магнетронно разпръшване) в инертна среда (аргон) видът на покритието е с идентичен състав с този на мишената. Когато атомите от мишената реагират с работния газ (кислород, азот, метан и др.) отложеното покритие е с различен химически състав от мишената (нитриди, карбиди, окиси). Последният метод често се използва и за получаване на непроводими слоеве. Системите за йонно разпръшване, при които се използват кръстосани магнитно и електрично поле, се наричат магнетронни. Основните елементи на магнетронната система са катодът, анодът, магнитите и подложките. Предимствата на магнетронното разпръшване са: при сравнително ниско налягане може да се получи интензивен разряд, респективно интензивно разпръшване на машинета и голяма скорост на покриване на подложката, работи се във по-висок вакуум, работата при по-ниско налягане дава възможност за получаване на чисти покрития без замърсявания, поради ограничаване на разряда от магнитното поле в строго определен обем, конструктивните елементи на разпръшителя не се бомбардират от йони, което намалява количеството и активността на отделяните от тях замърсяващи компоненти. Основен недостатък на магнетронните системи е неравномерното износване на мишената.

При електродъговия изпарител металните пари се получават от дъга със студен катод, характеризира се с бягащо катодно петно с голяма плътност на тока. Дъгата се поддържа между изпаряемия катод (мишена) и анода (стените на вакуумната камера). Дъгата има собствено магнитно поле и се управлява с електромагнитно въздействие. По такъв начин бягащото катодно петно се премества по желано направление с цел равномерно износване на катодът. Дъговият разряд се поддържа стабилно в много-широк интервал от наляганяния $1-1.10^{-4}$ Pa, което прави експлоатацията по-лесна. Съществено предимство е, че получените метални пари са с висок процент на йонизация, достигащ до 90-95%. При магнетронно разпръшване той е 25-30%. Подаването на подходящи газове дава възможност за

получаване на покрития от нитриди, карбиди, карбонитриди и окиси. Друго предимство е получаването на висока адхезия на покритията, равномерност и плътност. Вакуумната камера е снабдена с въртящ се екран, който закрива избирателно една от двете системи. Възможно е използване и на комбиниран метод. При това се получават многослойни в т.ч. наноструктурирани покрития TiN/CrN. Термодвойките са прекарани през пода на камерата с помощта на специално тяло изработено от стомана 40X, което чрез резбово съединение е свързано към задвижващия вал. Двете термодвойки дават възможност за следене на температурата в две различни точки. Първата точка е средата на въртящата се маса, а другата е краят на масата. Изводите на термодвойките във вакуумната камера са положени в тръбички с цел да не се получава нежелателна металазация на термодвойките. Тя би довела до грешка в отчитането. Горещите краища на термодвойките са разположени в специално пригодени пробни тела. Термодвойките са от тип хромел-алумел. Те са свързани по подходящ начин към измервателна схема. Обхватът на температурите които могат да измерват е от -200 до 1300°C. С правилно свързана измервателна схема спокойно може да се регистрира температурата и сигналът да се подава към контролер за регулиране на температурата. На фигура 1 е показана ВИМ-МР/ЕДИ преди извършване на промените по конструкцията. Анализът на съществуващото съоръжение показва, че постигането на поставената цел е осъществимо чрез конструиране и изработване само на един нов възел на мястото на съществуващ.

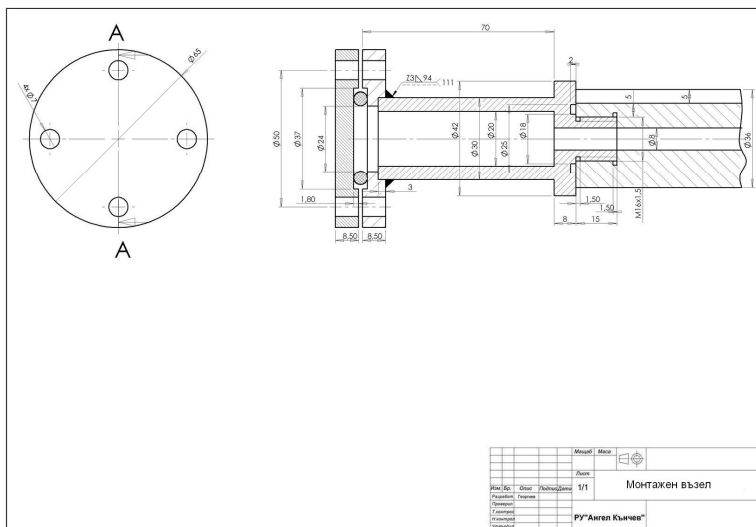


Фиг. 1. ВИМ-МР/ЕДИ преди преустройство

2. Конструкция на новия възел

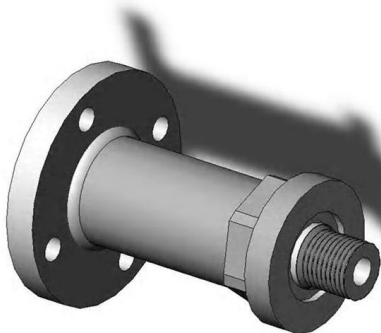
На фигура 2.1 е представен сборният чертеж на възелът. Той се състои от тяло закрепено към вала на машината, през което се извеждат изводите на термодвойките към масичката, намираща се в камерата. Към конструкцията се предявяват изисквания за херметичност. Това се постига с уплътняване чрез два О-

пръстена на съответните места във възела (тялото към водещия вал и тяло към фланеца, през който се въвеждат термодвойките). Налагането на технически изисквания за случая не е необходимо.

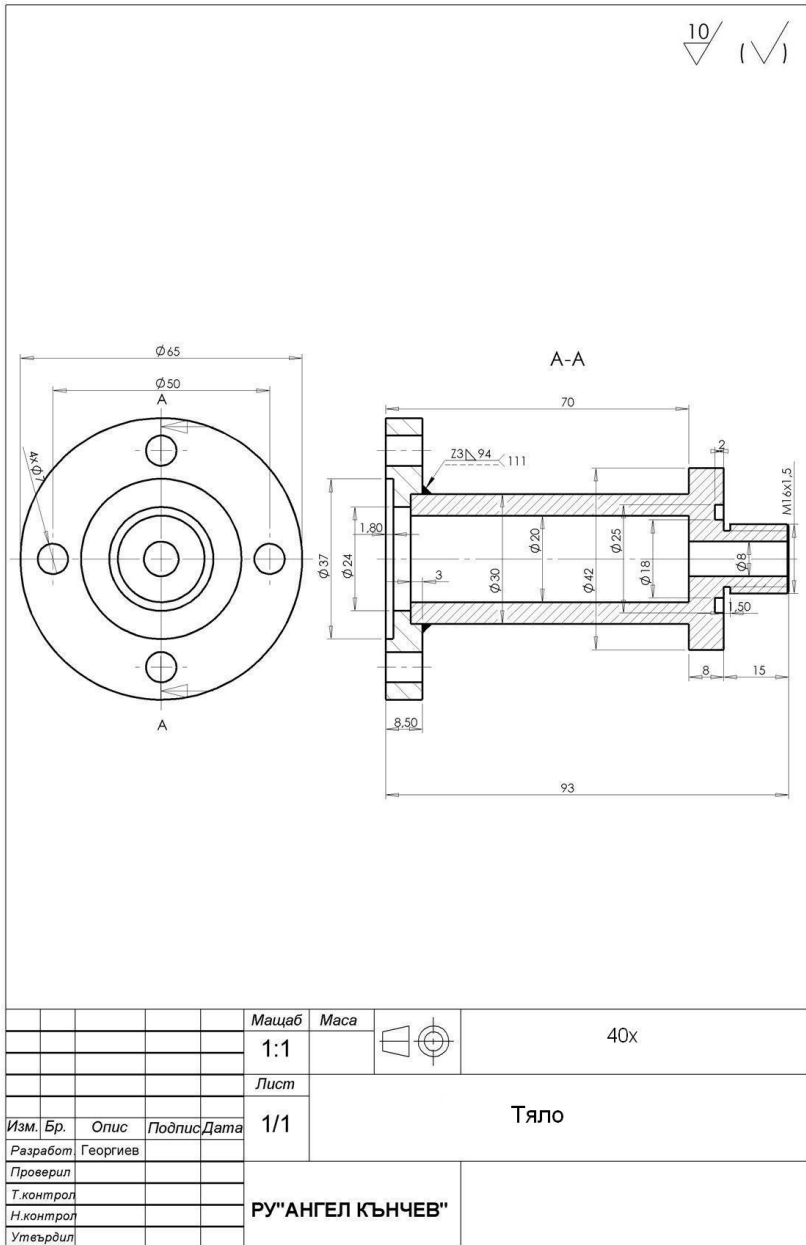


Фиг. 2. Монтажен възел

На фигури 3 и 4 са представени 3D модел и работен чертеж на изделието.



Фиг.3. 3D модел на изделието



Фиг. 4. Работен чертеж на изделието

В завършен вид изделието и системата за контрол на температурата изглеждат по следния начин .



Фиг.5 Снимка на реално изработеното изделие



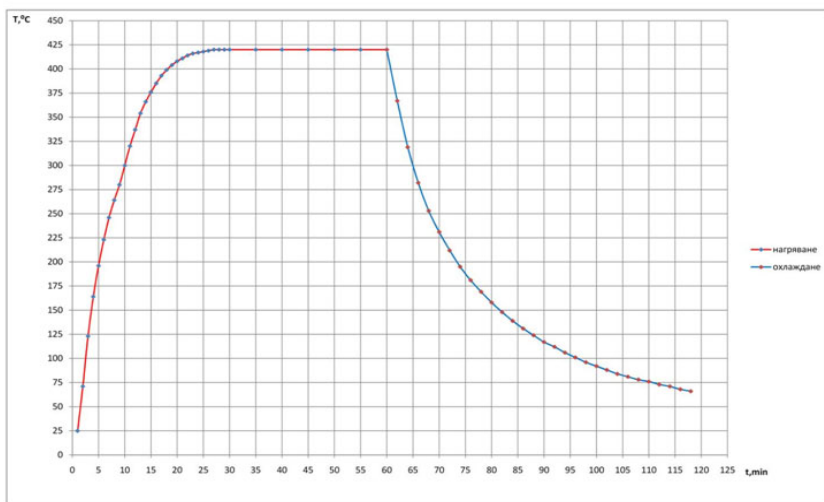
Фиг.6 ВИМ-МР/ЕДИ - работна камера след преустройство



Фиг.7 Измерителен уред

3. Резултати от проведените изпитания

Напревени са изпитания на новия възел за измерване на темпеаратурата на подложките при работа с електродъгов изпарител при различни параметри на режимите в реални условия. На фигура 5 е показана диаграма $T[^\circ\text{C}]-t[\text{min}]$ при следните параметри: Дъгов разряд=120A, $P=2,5 \cdot 10^{-3} \text{mbar}$ в среда от Ar и U подложките= -250V.



Фиг.8 Време -температурна крива

4. Основни изводи

- Направеното преустройство на камерата не е довело до нарушение на херметичността.
- Разработеният възел осигурява възможност за непрекъснат контрол на температурата по време на процеса.
- Работата на новия възел показва устойчиво и надежно поведение

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведените изпитания, получените резултати и направените изводи показват, че целта на работата е постигната.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакуумные электрические печи – М.С. Лейканд, Энергия, Москва, 1968.
2. Термично и химикотермично обработване във вакуум – М.Кънев и др., ДИ"Техника", София, 1984.
3. Вакуумно метализиране-М.Кънев и др., ДИ"Техника", София, 1986.

За контакти:

Петър Георгиев, Русенски университет „Ангел Кънев“, специалност ТММ, студент IV курс

Автоматизирано конструктивно и технологично проектиране на корпусен детайл от арматура с CAD/CAM системи

автор: Донка Банчева,
научен ръководител: гл.ас. инж. И. Атанасов

Abstract: *A Training Model of a Microprogramming Unit for Operation Control: In the last few years, the possibilities of modern CAD/CAM systems gave impetus to automated constructive and technological*

Key words: CAD/CAM Systems, SolidWorks, FeatureCAM

ВЪВЕДЕНИЕ:

Възможностите на съвременните CAD/CAM системи през последните години даде мощен тласък на автоматизираното конструктивно и технологично проектиране. Това се чувства особено приложено за сложни конструктивни възли и детайли, отговорни изделия и др. Съчетанието на програмните пакети CAD и CAM, използването на бази от данни, знания и други програмни средства в рамките на цялостен CIM (Computer Integrated Manufacturing) подход, ускорява значително работата на конструктора и технолога, предпазва го от грешки, гарантира ефективно и гъвкаво проектиране и производство.

От множеството предлагани програмни продукти на дистрибуторския пазар ще акцентираме на следните:

- за CAD – SolidWorks 2006 EE, дистрибутирана от Ф “ДиТра”, за цялостно създаване на 3D модели (модул Part) и използване на подсистемата за презентации eDrawing;

- за CAM – FeatureCAM 2008, също дистрибутирана от Ф “ДиТра”, разглеждайки обстойно модул TURN- който е основен модул за 2D струговане, т.е. за стругова механична обработка с приложение на металорежещи машини с ЦПУ;

Детайлът който се разглежда в доклада е следния:

- капак за нископодамен предпазителен клапан от пневмohидравлична арматура.

ИЗЛОЖЕНИЕ

С помощта на блок-схема която е показана на **фиг.1** ще илюстрираме процеса на преработване на информация от CAD среда SolidWorks към CAM процес FeatureCAM.

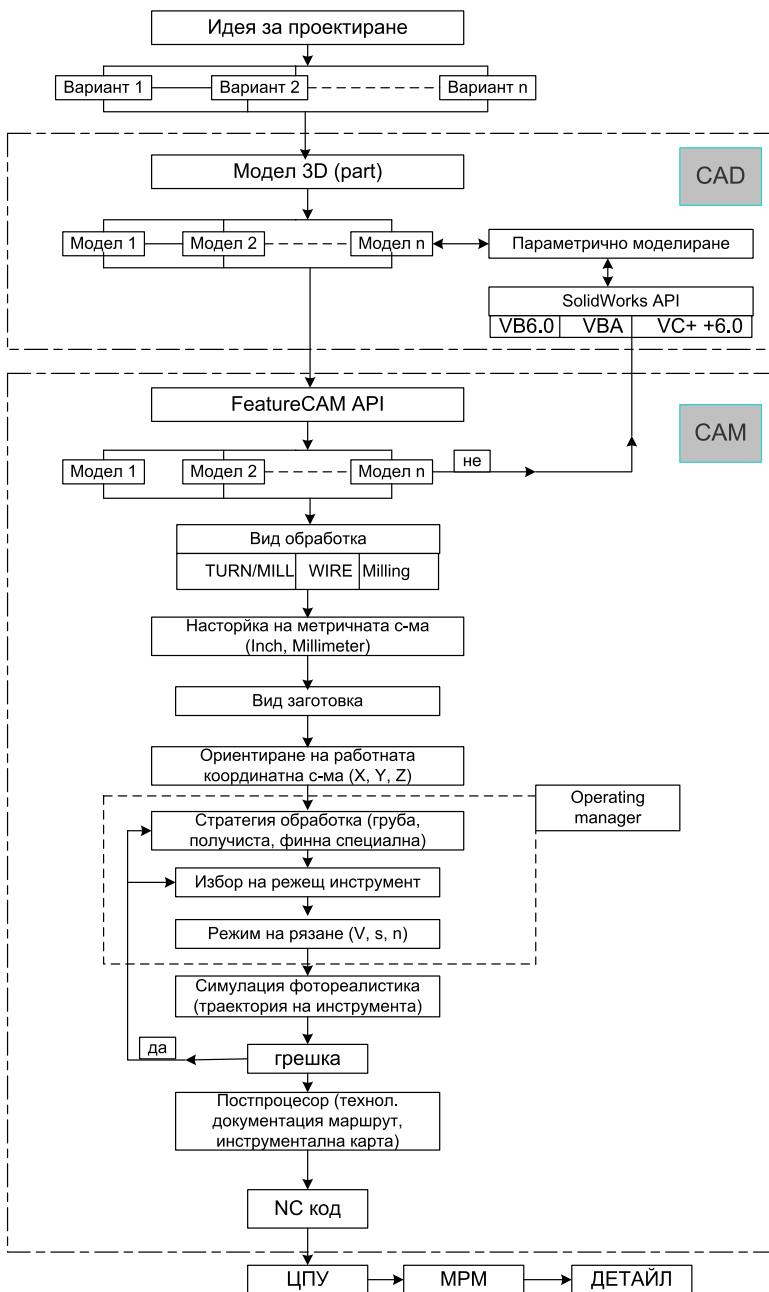
Ще разгледаме по подробно етапите на CAD/CAM идеята за корпусен детайл “капак”:

1. Конструирание на детайла в среда SolidWorks 2006 – краен резултат е показан на **фиг.2**;

2. Преход към среда FeatureCAM – избор на заготовка, стомана горещо-валцована 25Л БДС3492-75, ротационна заготовка по максималния габарит на детайла L=130 mm, OD=103mm ;

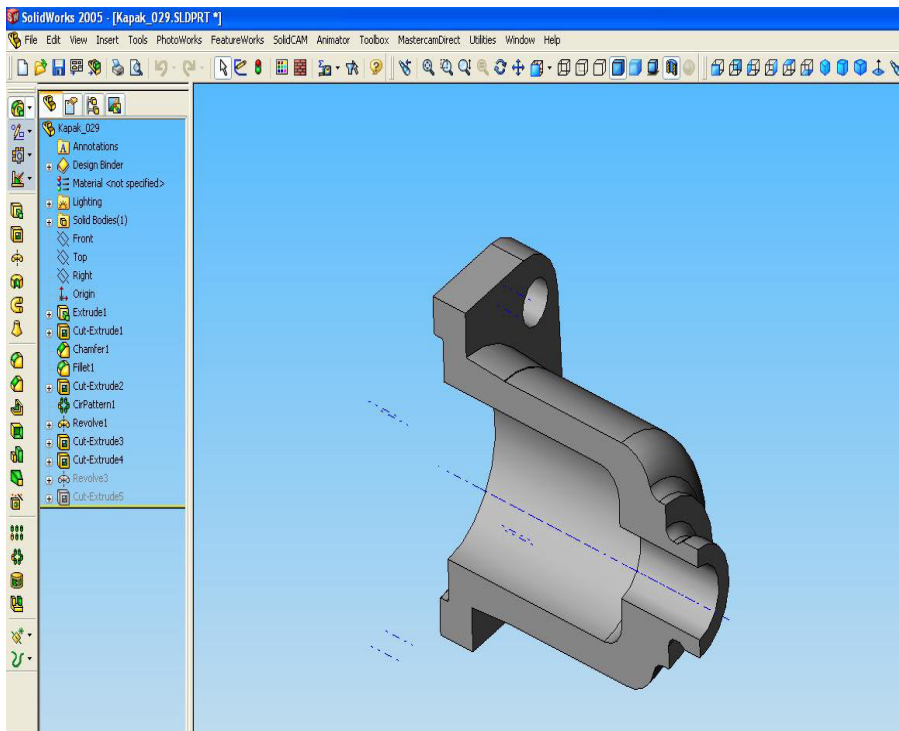
3. Избор на бази -външна диаметрална повърхнина, крайно ляво чело;

4. Установяване – тричелюстен патронник;



фиг.1. Блок-схема за преработване на информация CAD/CAM

5. Технологични преходи на операцията –
- подрязване на дясното чело - грубо и чисто;
 - обстъргване на фасонния външен профил - грубо и чисто;
 - разстъргване на отвор за резба M20;
 - свредловане на отвори по профилната повърхнина.

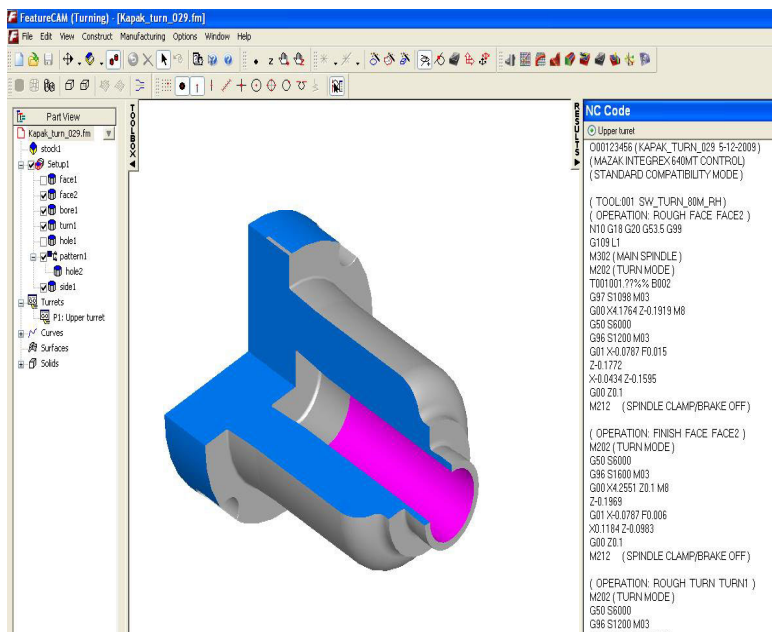


фиг.2. Краен 3D модел на детайла в среда SolidWorks 2006

Крайният резултат, след технологичното автоматизирано проектиране с приложение на FeatureCAM, е показан на **фиг.3.**, както и файлът с автоматизирано създадената NC програма е в текстов вид, който подлежи при нужда на редакционна обработка.

В случай, че потребителят не разполага с стругова металоуреждаща машина с ЦПУ с независимо управляем супорт за пробиване на крепежните отвори, то се поттиска този пасаж от технологичните преходи (съгласно списъка в ляво), който е създаден за указаната установка (Setup 1).

Технологът програмист има възможност също и за симулация на механичната обработка в режим - проверка на траекторията на движение на инструмента и фотореалистична симулация с проверка на натоварването на супорта графична визуализация в режим Show Tool Load.



фиг.3. Резултат от технологичното проектиране с CAM пакета FeatureCAM

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Приложението на CAD/CAM подхода има следните предимства:

- бързодействие и значително улесняване на конструктора и технолога;
- създаване на прегледна и структурирана конструкторска и технологична съпроводителна документация, съобразена с изискванията на стандартите;
- лесен и логичен диалог, съобразен с етапите на проектиране;
- боравене с концентрирани бази данни и знания, спомагачи за оптимално пресмятане на режими на рязане на база въведени характеристики на обработваем материал, интерактивен избор на режещ инструмент - пластина и държач, избор на рационални стратегии за механична обработка при формиране на преходите и др.;
- предпоставка за връзка с CAE, CAPP, CAQ и др. автоматизирани пакети (за инженерни пресмятания, планиране на производството, автоматизиран контрол на качеството и др) за реализиране на цялостния съвременен CIM подход.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ц.Стоянов и колектив – Solid Works – Книга за потребителя, издание на Ф"ДиТра" – CAD/CAM център на Ф"Технологика", София, 2006.
- [2] И.Атанасов – Ръководство за упражнения, CAD/CAM системи + CD, +WEB, РУ"А.Кънчев" – Русе.

За контакти:

гл.ас. инж. Иво Атанасов, катедра "ТММРМ", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел. (082) 888 469, e-mail: iatanasov@ru.acad.bg
 Донка Банчева, ф.Н: 041504, специалност МТТ, задочно обучение, МТФ, Русенски университет "Ангел Кънчев", тел. 0885 397 945, e-mail: banschewwa@abv.bg

Многослойни метало - керамични PVD покрития (кратък преглед)

автор: Самир Ахмед
научен ръководител: д-р инж. Ваня Захариева

Abstract: Multilayered ceramic PVD coatings-review: The present paper gives an overview on the existing in this moment multilayered ceramic coatings from the historical, scientific and practical point of view. The different types multilayered systems coatings, their properties, tendencies of development and methods of obtaining are discussed. Especial attention has been paid to the to the methods and equipment, used for their production and developing .

Key words: PVD coatings; MS - magnetron sputtering; ARC method

1. ВЪВЕДЕНИЕ

В последните години особено внимание се отделя за създаване на нови материали в т.ч. и покрития и технологии за тяхното получаване и обработване. Многослойните структури на покритията подобряват значително функционалните характеристики на материалите. При правилно избран технологичен процес на получаване, многослойните покрития имат редица предимства: повишена твърдост; добра адхезия, корозионна устойчивост и минимални остатъчни напрежения.

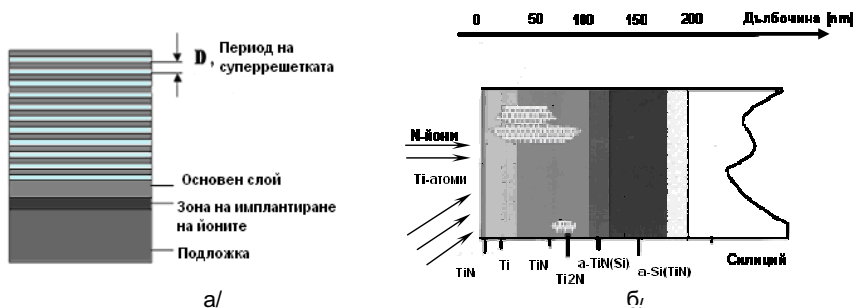
Различните видове многослойни системи се прилагат в много области. В много случаи условията за работа се характеризират с екстремни механични, циклични и температурни натоварвания, наличие на химически активни или абразивни среди.

Значение за свойствата на покритията имат освен технологичните параметри и редица структурни фактори, между които е и последователността на отлагане на многослойните структури.

2. ИЗЛОЖЕНИЕ

2.1. Видове многослойни системи

Като пример за твърди и износоустойчиви метало-керамични покрития се разглеждат основно нитридите и карбидите на титанова основа, освен за тях има данни и за NbN; AlN; BN; CNx; CrN; TiN-TiB₂; Ti(CN) и (TiAl)N и още около 150 вида



Фиг. 1. Схематични изображения: а/ многослойно; б/ многослойно многофазно покритие

нитридни, карбидни и карбонитридни покрития [1] (фиг.1). Различните видове покрития от TiN със структура на суперрешетка подобно на TiN/WN; TiN/CrN; TiN/Ta; TiN/Mo; TiN/AlN се получават предимно в лабораторни условия основно чрез PVD

методи (магнетронно разпръскване и катодно изпаряване - ARC) [2]. Замисълът е достигане на максимална твърдост съчетана с висока жилавост [3].

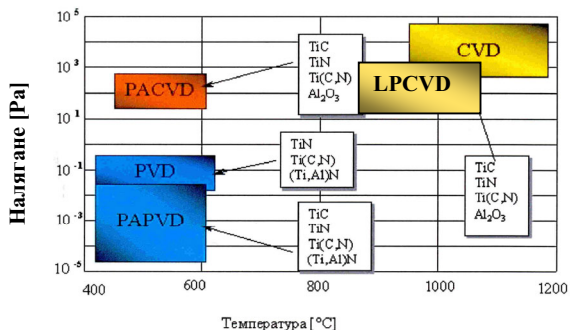
До момента са получени CrN/TiN нанометрични слоеве и наномодулирани TiN покрития със стъпка 6,7+80 nm и дебелина на слоевете до 400 nm. Получени са наномодулирани покрития от TiO₂/Ti с дебелина на подслоевите от 100 nm.

За твърди тънки покрития се говори в много литературни източници, такива са TiAlN; SiC и много други получени в наноскалата многослойни покрития

2.2. Методи и технологични подходи за тяхното получаване

Вакуумните методи за отлагане на покрития PVD и CVD с техните разновидности: PAPVD - физично парно отлагане с плазмено подпомагане и PACVD - химично парно отлагане с плазмено подпомагане имат различни възможности произтичащи от областите на вариране на основните технологични параметри (фиг. 2).

Чрез **PVD методи** се получават едно и многослойни, наноструктурирани и градиентно ориентирани защитно-декоративни, твърди и износоустойчиви покрития на Ti и Cr основа чрез магнетронно разпръскване. PVD методите, са: разпръскване, йонно платиране с различни източници на пари, електронно лъчево с кухи катоди или вакуумно електродъгово изпаряване и др. [4].



Фиг. 2. Основни параметри на методите за нанасяне на покрития във вакуум

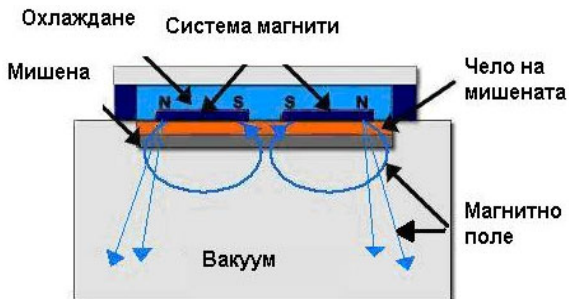
CVD методите също се използват широко за получаване на карбонитридни покрития като TiC_xN_x (в среда от газова смес на TiCl₄-CH₄-N₂-H₂) върху различни метали, стомани и дори графит [5]. Покрития от TiN се отлагат в производствени условия върху подложки от цементитни карбиди главно върху режещи инструментикато химичните процеси протичат при температури над 950°C. Предвид здравословните и екологични изисквания, в последното десетилетие се налага преминаване от CVD към PVD технологии. [6].

➤ Магнетронно разпръскване;

При магнетронното разпръскване йоните на работния газ-инертен, реакционен, или смес се удрят в мишената-катод и избиват (разпръскват) от нея атоми, групи от атоми и др. Избитите частици се отлагат върху подложката, която може да бъде под потенциал и формират кондензат. Областта на активна йонизация се създава в непосредствена близост до повърхността на мишената с помощта на кръстосани магнитно и електрично полета [7]. Особеностите на магнетронния разряд, геометрията на полетата, процеси в плазмата и около мишената, потоци от заредени частици и др. са изучени най-пълно за случаите с цилиндрична симетрия.

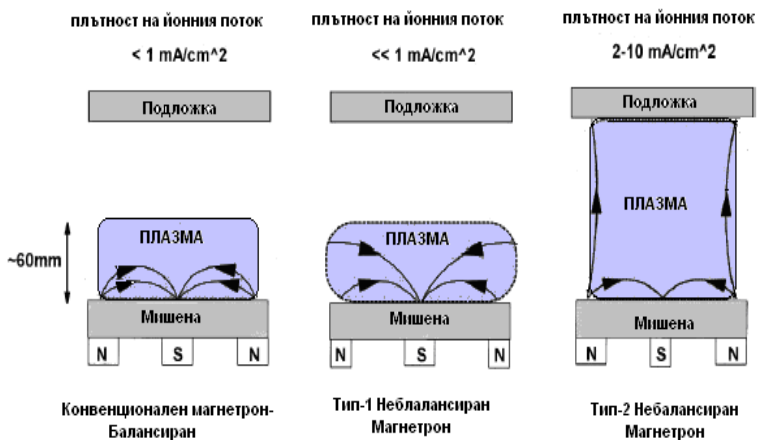
Основните характеристики на цилиндричната система - фиг.3 – се отнасят и за другите конструкции магнетрони, но при по-сложна пространствена конфигурация на полетата, разпределението на потоците от частици е по-сложно.

Предимства на метода са: голям интервал от скорости на отлагане; сравнително ниско работно налягане; висока чистота и адхезия на покритието; почти пълно използване мощността на разряда; проста схема на реализиране и добър контрол на параметрите на процеса; възможност за получаване на покрития от сплави и съединения чрез разпръскване на многокомпонентни мишени и използване на различни работни газове.



Фиг. 3. Магнетронна система за йонно разпръскване

Недостатъци: неравномерно износване на мишената, трудно разпръскване на феромагнитни материали и невъзможност да се разпръскват диелектрици. Те се преодоляват чрез различни конструктивни решения и съчетаване на магнетронната система с височестотна (ВЧ) схема на захранване.



Фиг.4. Видове магнетронни системи

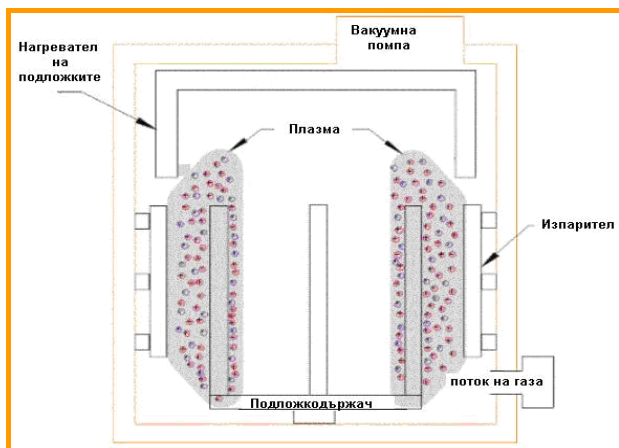
Магнетронните системи могат да бъдат класифицирани според:

- ✚ **захранващите токоизточници** – правотокови, променливотокови и високочестотни;
- ✚ **броят на мишените** – с две, три, четири и шест мишени;
- ✚ **формата на мишената** – кръгла, квадратна, правоъгълна;
- ✚ **вида на мишената** – от чист метал, съставна, сплавна;
- ✚ **разположението оста на системата** - вертикални и хоризонтални;
- ✚ **типа на магнитното поле** – балансирана и небалансирана, затворена, ко-планарна, огледална и др. (фиг.4)

➤ **Реакционното магнетронно разпръскване** позволява отлагането на съединения от рода на нитриди, карбиди, карбонитриди, оксиди и други труднотопими фази, които е трудно или невъзможно да се получат по друг метод под формата на покрития. За целта разпръскването се извършва в среда от аргон и реакционен газ - N_2 , CH_4 или O_2 и др. или смеси от тях. Съединенията могат да се формират в газовата среда, върху подложката или върху челото на мишената. Първият случай е термодинамично най-неизгоден и малко вероятен. Счита се, че най-често се наблюдава третия случай, известен още като „отравяне” на мишената. То е свързано с намаляване скоростта на разпръскване, респективно – на кондензация. Това обаче позволява отлагане на посочените съединения и върху температурно-чувствителни материали. Дебитът на газовите потоци се управлява с помощта на масфлуометри [8]. Газовете могат да бъдат подавани в камерата от различни места: от външната страна на магнетронния разряд; да бъдат инжектирани вътре в разряда през отворите на разпръсваща се мишена и др. и по този начин да се влияе върху степента на тяхното йонизиране.

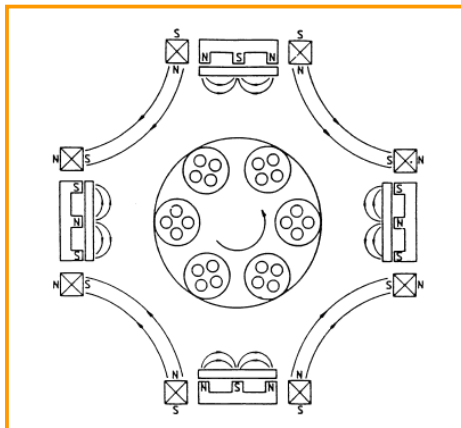
➤ **Електродъгово изпаряване**

При този метод процесите протичат с много висока йонизация на паровия поток - до 80+90%. При него се използват т. нар. метални волтови дъги със студен катод, характеризиращ се с наличието на бягащо катодно петно или петна, в които плътността на тока достига до $106+107 [A/cm^2]$.



Фиг. 7. Принципна схема на електродъгов изпарител

Голямата плътност на тока води до интензивно изпаряване на катода. Това позволява да се нанасят покрития и от най-трудно топимите метали, сплави и съединения. Дъгата се поддържа между изпаряем катод, изработен от материала на покритието и стените на вакуум-камерата, която се явява анод. Създаването и поддържането на металната дъга със студен катод за целите на вакуумната метализация се реализира чрез електродъгови изпарители (фиг.7).



Фиг.8. Разрез на комбинирана ARC - Магнетронна система за многослойни керамични PVD покрития

Друго предимство на метода е работата в по – широки граници на вариране на налягането от $\sim 10^{-2}$ до 10^{-4} [mbar] без това да влияе върху вида и качеството на покритието. Като недостатък може да се посочи капковата фаза, която се получава в покритията. За неутрализиране на последния се прилага сепарирание на парите и комбиниране на ARC с последващо магнетронно отлагане. Като иновация са създадени инсталации, които работят с това съчетание на методите [9], като освен за нанасяне на покрития изпаряването може да се използва и за почистване на подложките (фиг.8.).

ИЗВОДИ:

1. Получаването и приложението на многослойните покрития е отдавна утвърдена практика в развитите страни. За целта се използват различни видове магнетронни системи с различна конфигурация и захранване, с един или по-вече източника на пари състоящи се от чисти метали или от сплави.
2. Чрез електродъгово изпарение – (ARC метод) се получават покрития както с декоративен характер, така и с практическа насоченост, особено при комбинирането му с магнетронно разпръшване.
3. По метода на физичното парно отлагане се получават многослойни, керамични, износоустойчиви, градиентно ориентирани покрития.
4. С подходяща PVD екипировка в рамките на наноскалата могат да бъдат отложени и супертвърди покрития > 40 [GPa].
5. С помощта на магнетронно разпръшване във вакуумна пещ са отложени до петслойни твърди, износоустойчиви покрития (обект на дисертационен труд) .

6. В условията на Русенския Университет в лабораториите на НЦВТС чрез PVD методи също са получени многослойни керамични покрития на титанова и хромова основа.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Eroglu S., Gallois B., "Grown and structure of TiC_xN_y coatings chemical vapor deposited on graphite substrates", Journal of materials science 32 (1997)207-213.
2. Hovsepian P.Eh., Lewis D. B., Münz W-D., "Recent progress in large scale of multilayer/superlattice hard coatings", Surface & Coatings Technology, 133-134 (2000) 166-175.
3. Zhang S., Sun D., Fu Y. and Du H., Recent advances of superhard nanocomposite coatings: a review, Surface & Coatings Technology, 167 (2003) 113-119.
4. Кънев М. Й., и др., Вакуумно метализиране. С., Техника, 1986.
5. Шишков Р. и др. НФНИ;Проект 2002-МТФ-02;Отчет;РУ "А.Кънчев";2003.
6. Диденко А.Н., Лигачёв А.Е., Куракин И.Б., Воздействия пучков заряженных частиц на поверхность металов и сплавов ,М., Энергоатомиздат, 1987.
7. Дерменджиев И. Д., Аморфни и микрокристални хромсъдържащи покрития, получени чрез магнетронно разпръскване във вакуум, Дисертация, РУ"А.Кънчев", Русе, 1997.
8. Kawamura M., Kumagai K., Abe Y., Sasaki K. And Yanagisava H., "Characterisation of TiN films prepared by rf sputtering using metal and compound targets", Pergamon, Vacuum, vol.51 (1998) pages 377-380.
9. Lang F. and Yu Z., The corrosion resistance and wear resistance of thick TiN coatings deposited by arc ion plating, Surface & Coatings Technology, 145 (2001) 80-87.

За контакти:

Самир Насуф Ахмед специалност "ТММ", МТФ, Русенски университет "Ангел Кънчев", e-Mail: sami_86@abv.bg

Д-р инж. Ваня Захариева, Катедра "Материалознание и технология на материалите", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 317, e-mail: vzaharieva@ru.acad.bg

Довършващо обработване на външни цилиндрични повърхнини чрез повърхностно пластично деформиране

автор: Петър Цеков
научен ръководител: ас. инж. Павел Петров

Abstract: *As a method for complete processing, surface plastic deformation (SPD) increases quality and improves the performance of the machining surfaces. This work describes the SPD tool's design for external rotary surfaces with high degree of universality by relevance of surfaces' dimensions.*

Key words: *complete processing; surface plastic deformation; deformation elements*

ВЪВЕДЕНИЕ

Довършващото обработване включва операция или преход, след чиято реализация не се прилага следващо въздействие върху повърхнините. Чрез методите за довършващо обработване се постига високо качество на обработените повърхнини. Те се делят на две групи : със снемане на стружка и без снемане на стружка.

Към първата група спадат: шлифование, хонинговане, притриване, полиране. Тези процеси се прилагат посредством използването на абразивни инструменти, което води до следните недостатъци:

- протичане на големи пластични деформации водещи до получаването на много високи температури, което се отразява върху точността и качеството на обработване на повърхностния слой;
- вбиване на обработваната повърхност с абразивни частици;
- ниска производителност;
- висока себестойност.

Втората група включва методи за обработване чрез повърхностно пластично деформиране (ППД).

Довършващото обработване на металите чрез повърхностно пластично деформиране се основава на свойството на повърхностния слой и грапавините пластично да се деформират в студено състояние под действието на приложената върху тях сила. Силовото контактно взаимодействие се осъществява посредством деформиращи елементи с определена форма и геометрия, които се плъзгат или търкалят по обработваната повърхнина. При това взаимодействие в контакта между деформиращия елемент и обработваната повърхнина възникват високо специфично налягане и напрежения, които предизвикват еластични и пластични деформации в повърхностния слой.

При обработване чрез повърхностно пластично деформиране се променят не само размерите и грапавостта на обработваните повърхнини, а всички физико-механични свойства на повърхностния слой, както и неговата структура.

Обработването чрез повърхностно пластично деформиране намира много по-широко разпространение поради редица предимства:

- висока производителност;
- ниска себестойност на обработването;
- липсват вбити абразивни частици в обработвания повърхностен слой;
- незначително нагряване на повърхностния слой, с което се изключва получаването на нежелани местни прегрявания и деформации;
- достигане на параметри на грапавостта, достижими след два или три последователни абразивни довършващи метода.

Освен изброените, съществуват и редица други предимства, които правят ППД незаменим метод за довършващо обработване на дълги външни цилиндрични

повърхнини на незакалени детайли. Най-разпространените от тези детайли са буталните пръти на хидравлични и пневматични цилиндри.

Повърхностното пластично деформиране се прилага предимно:

- за подобряване на релефа и намаляване на грапавостта на повърхнините;
- за уякчаване на повърхностния слой;
- за обработване на повърхнини в съчетание с други технологични методи.

Обработването чрез ППД се основава на съвкупност от основни фактори и условия.

От групата на факторите основни са:

- формата и геометрията на деформиращите елементи;
- кинематиката на контактното им взаимодействие с обработваните повърхнини;
- броят им в инструментите;
- елементите на режима на обработване.

От групата на условията основни са:

- физико-химичните и механичните свойства на обработваните метали;
- технологичната наследственост от предшестващите операции;
- мазилната течност.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В инструментите за ППД деформиращите елементи изпълняват формообразуваща функция, оказваща влияние върху резултатите от обработването, чрез своята форма, геометрия и качество на деформиращите им повърхнини. Според начина на взаимодействието им с обработваната повърхнина, те работят:

- чрез триене при плъзгане;
- чрез триене при търкаляне;
- чрез динамични удари;
- чрез триене при търкаляне с приплъзване.

Най-голямо разпространение са намерили първите два метода.

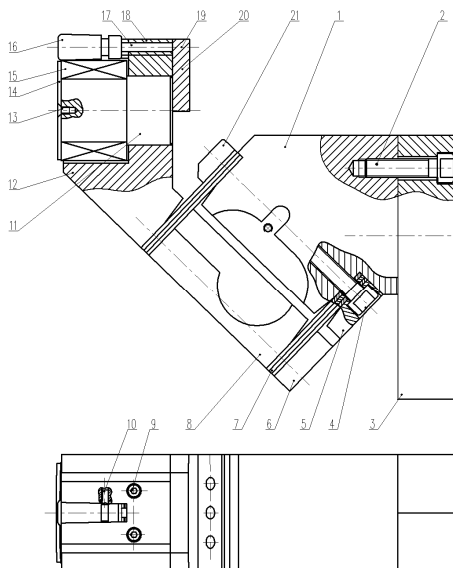
Основен недостатък на деформиращите елементи, работещи чрез триене при плъзгане, е ниската им производителност вследствие интензивното износване на деформиращите елементи при плъзгането. Взаимодействащите чрез триене при търкаляне с обработваната повърхнина деформиращи елементи са намерили по-широко разпространение, поради високата си производителност и трайност.

Деформиращите елементи могат да бъдат с материална ос на въртене и без материална ос на въртене. Елементите с материална ос на въртене имат по-големи диаметри и осигуряват голямо петно на контакт с повърхнината, което води до прилагане на големи усилия за реализиране на необходимото налягане в контактната зона. Наличието на големи усилия за осъществяване на процеса е свързано с появата на големи деформация и нестабилност на технологичната система.

Като деформиращи елементи без материална ос на въртене се използват сфери и ролки, които намират широко приложение със своята универсалност и ефективност.

Практиката е показала, че от съществуващото голямо многообразие от деформиращи елементи при обработване на дълги външни повърхнини най-ефективни по отношение на производителност и качество са късите конусни ролки с малък диаметър и малък ъгъл при върха на конуса (около 2°). Поради капковидната форма на контакт с обработвания повърхностен слой, конусните ролки осигуряват по-големи постъпателни премествания, вследствие на което са по-производителни в сравнение с други деформиращи елементи. Конусните ролки се враждат в

сепараторни инструменти за ППД, които работят като търкалящи лагери, на които вътрешната гривна е обработвания детайл. Инструментите най-често са с твърдо действие, при което силата на деформиране (на притискане на ролките към обработваната повърхнина) се задава чрез стегнатост и големината ѝ е неизвестна. Конструкциите им са сравнително сложни и им липсва универсалност по отношение типоразмера на повърхнината. Поради тези причини те се прилагат най-често при серийно и едросерийно производство. За отстраняване на посочените слабости и разширяване приложението на ППД при всякакъв тип производства е разработен едноролков инструмент за повърхностно пластично деформиране на външни цилиндрични повърхнини с еластично действие. Пригоден е за работа върху стругови машини (универсални и ЦПУ), при които заготовката извършва главното въртливо движение, а инструментът - осовото подавателно.



Фиг.1 Едноролков инструмент за повърхностно пластично деформиране на външни цилиндрични повърхнини с еластично действие

Инструментът за ППД на външни повърхнини е показан на фиг.1. Състои се от три основни части: деформираща част, тяло и държач. Деформиращата част включва конусна деформираща ролка 13, поместена в сепаратора 9, закрепен с винтове 16 към носача 8. За аксиална опора на ролката 13, служи щифт 11 подпрян с помощта на планка 20 закрепена чрез винтове 21. Ролката е осигурена срещу изпадане както чрез сепаратора, така и чрез щифт 17, сглобен към сепаратора и попадащ в радиалния канал на ролката. За търкаляща опора на ролката служи иглен лагер 12 закрепен неподвижно чрез ос 10, шайба 14 и винт 15 към носача 8. Носачът е свързан еластично с тялото 1 посредством два комплекта лентови пружини 3, дистанционна планка 4, винтове 18 и планки 5, 6, 7. С помощта на винтове 19 към тялото 1 е закрепен държача 2, чрез който инструмента се установява към съответната стругова машина. Формата на тялото е избрана така, че да осигурява разположение на оста на ролката спрямо държача под ъгъл 90. В конструкцията на инструмента се вгражда индикаторен часовник, чрез който се задава големината на деформиращата сила, която е главния елемент на режима на обработване чрез ППД. Другият важен елемент на режима – подаването се избира опитно от

съображения за постигане на желаната грапавост при минимална продължителност на прехода.

Преди реализиране на работния цикъл е необходимо да се зададе силата на деформиране с помощта на тарирания индикаторен часовник на инструмента. За целта деформиращата ролка се придвижва срещу началото на обработваната повърхнина и чрез радиално преместване на инструмента ролката докосва повърхнината. Чрез продължаващо радиално преместване възниква сила на притискане, която се отчита по индикаторния часовник и трябва да получи стойност, достатъчна за получаване на желания заглаждащо – уякчаващ ефект. Достигнатото от инструмента положение в края на радиалното му преместване се фиксира и инструмента се изтегля извън обработваната повърхнина. Възстановява се отново фиксираното положение, при което разстоянието от най-изпъкналата част на деформиращата ролка до оста на въртене съответства на размера на статичното настройване на инструмента.

В неработно положение инструментът заема крайно дясно положение спрямо заготовката. Осъществява се въртеливо движение на заготовката, установена към машината по начин зависещ от дължината на заготовката, а инструментът, чрез подаване в осово направление се въвежда, в процес на работа. От момента, в който ролката докосне обработваната повърхнина започва деформация на еластичната част на инструмента, която завършва когато най-изпъкналата част на ролката застане върху цилиндричната част от повърхнината. След завършване на обработването натоварването на инструмента се сменя чрез обратен ход на устройството за радиално преместване и той се връща в изходно положение.

Производителността на обработването се определя от скоростта на подавателното движение, която при стругови машини е свързана със скоростта на въртене на заготовката. Получаването на желаното качество при максимално възможната скорост на подавателното движение е в пряка зависимост от силата на деформиране, диаметъра на обработваната повърхнина и големия диаметър на конусната ролка. Това позволява, варирайки с елементите на режима и геометричните параметри на ролката, да се търсят по опитен път рационални за всеки конкретен случай условия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработената конструкция на едноролков инструмент за повърхностно пластично деформиране с еластично действие притежава висока степен на универсалност по отношение конфигурацията и размерите на заготовките и може успешно да се използва за обработване на външни повърхнини с помощта на стругови машини както универсални, така и с ЦПУ. Препоръчително е този подход да се приложи и при вътрешни цилиндрични повърхнини, независимо от затрудненията, които произтичат от ограничената степен на достъпност на обработваните повърхнини.

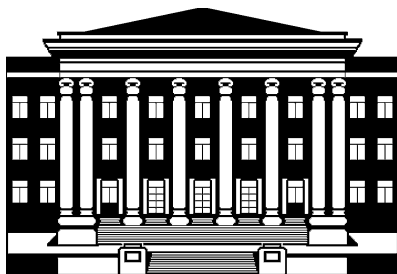
ЛИТЕРАТУРА

- [1] Браславский, В.М., Технология обкатки крупных деталей роликами, М., Машиностроение, 1966.
- [2] Сучков А.Г. и др. Довършващо обработване чрез повърхностно пластично деформиране София., Техника, 1984.
- [3] Шнейдер, Ю.Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением, Л.; Машиностроение, 1971.

За контакти:

ас. инж. Павел Петров, Русенски университет “Ангел Кънчев”, Катедра „Техническа механика“, тел.: 082-888 474, e-mail: ppetrov@ru.acad.bg.

**РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ
“АНГЕЛ КЪНЧЕВ”**



**СТУДЕНТСКА НАУЧНА
СЕСИЯ
СНС'10**

П О К А Н А

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

Факултет „Машинно-технологичен“

**СБОРНИК ДОКЛАДИ
на
СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ – СНС'09**

Под общата редакция на
доц. д-р Стоян Стоянов

Отговорен редактор:
доц. д-р Ангел Смрикаров

Народност българска
Първо издание

Формат: А5
Коли: 4
Тираж: 25 бр.

ISSN 1311-3321

Печатна база
при Русенски университет “Ангел Кънчев”


<http://conf.ru.acad.bg/bg/>

Научна конференция на Русенски университет - 2009 - Windows Internet Explorer

http://conf.ru.acad.bg/bg/


File Edit View Favorites Tools Help

★ Научна конференция на Русенски университет - 2...

 РУ

РУСЕНСКИ УНИВЕРСИТЕТ "АНГЕЛ КЪНЧЕВ"
СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ - РУСЕ

"Work, finish, publish" Michael Faraday



НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ

30 - 31.10.2009
ПОСВЕЩАВА СЕ
НА ДЕНЯ НА НАРОДНИТЕ БУДИТЕЛИ

- ENGLISH
- Начало
- Покана за участие
- Организатори
- Организационен комитет
- Тематични направления
- Работни езици
- Изаисквания към оформлението на докладите
- Публикуване на докладите
- Такса за право на участие
- фирмено участие
- Срокове
- График на провеждане
- Адрес за кореспонденция
- Телефони за резервация
- Програма на конференцията
- Сборници с доклади

СТУДЕНТСКА НАУЧНА СЕСИЯ

- Покана за участие
- Сборници с доклади

Copyright © 2008-2009

Internet 100%