

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

Серия “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ” - 1’2014



UNION
OF SCIENTISTS
VARNA

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

СЪДЪРЖАНИЕ

МЕТАЛООБРАБОТКА, ТОПЛОТЕХНИКА, МОРСКА ТЕХНИКА

Стр.

Кирил Я. Киров Процес, технология и управление.....	16
Александрина Банкова Подход за 3d моделиране на резбови съединения в сад среда.....	25
Борислав Каров, Евстати Лефтеров Приложение на линейните мотори в CNC машини.....	46
Христо К. Скулев Разработване на технология за плазменото газово повърхностно азотиране на сонотрод от титанова сплав ti-6al-4v с индиректен плазмотрон.....	50
Евстати Лефтеров, Тания Аврамова Изследване на силовото натоварване при свредла с несиметрична схема на изрязване на прибавката.....	55
Найден Спасов Оценяване на минималния ресурс на зъбни колела при изпитване на редови редуктори.....	59
Никола Петров, Владимир Йорданов, Иван Иванов, Христо Трендафилов, Вели Велиев Проектиране и изследване на състезателна лодка със слънчево задвижване.....	72
Петър Георгиев, Костадин Колев, Христо Георгиев Анализ на устойчивостта на кораби за обслужване на дейности в шелфа.....	78
Диян М. Димитров, Десислава Минчева Тенденции в развитието на легирани железни прахове за конструкционни пм детайли.....	102
Диян М. Димитров Относно точността на измерване на модула на еластичност чрез импулсно резонансен метод.....	106
Димитър Ставрев, Огнян Жеков Изследване на охлаждащата способност на нетрадиционни охлаждащи среди за закаляване на стомани.....	111
Йордан Бояджиев, Диян М. Димитров Механика на разрушаването и възможности за бърза експертна оценка.....	118

ЕЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ЕНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ

Стр.

Росен Спиров, Нели Грънчарова, Георги Ангелов Проектиране на тв система за визуализация на пространствени изображения	3
Росен Спиров, Нели Грънчарова, Георги Ангелов Тв видео система за подводни наблюдения и навигация...10	10
Милена Николова, Атанаска Боева Развитие, характеристики и критерии при избор на GPS навигатор.....	20
Христо Живомиров, Тодор Вачев, Ива Тодорова Speed Optimization of Matlab Codes.....	30
Марин Маринов, Бохос Апрахамян, Майк Щреблау Съвременни приложения на индукционното нагряване.....	34
Тодорка Георгиева Експериментално изследване на цифров комутационен тракт.....	39
Борислав Нецов, Тодорка Георгиева Анализ и особености на сигурността в електронните комуникации.....	42
Мухаррем Ведат Ерийетиш Към въпроса за избор на професия (университетска специалност) в условията на Република Турция.....	65
Паолина Политова Електронна система за оценка безопасността на храните, приложима в мсп.....	68
Дичев Пл.Д., Димов Е.В., Аргиров Я.Б Определяне на параметрите на режима при електродъгово заваряване на конструкционна стомана с повишена якост.....	86
Димов Е.В., Дичев Пл.Д., Аргиров Я.Б. Определяне на параметрите на режима при електродъгово заваряване на стомана с повишена якост и прилагане на термообработка.....	89
Антонов, Г., Овчаров, П. Определяне на вътрешните остатъчни напрежения в заваръчни шевове на апарати, подложени на механично и топлинно натоварване.....	95

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

проф. д.н. Боян Медникаров
 проф. д-р Овид Фархи
 проф. д.т.н. Руси Русев
 доц. д-р Иван Иванов
 гл.ас. д-р Любомир Камбуров

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ НА БРОЯ

проф. д-р Овид Фархи
 проф. д.т.н. Руси Русев
 доц. д-р Иван Иванов
 гл.ас. д-р Любомир Камбуров
 д-р Йордан Бояджиев

СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – ВАРНА

Пощенски адрес: гр.Варна 9000,
 ул. “Васил Друмев” № 73
 Съюз на учените -Варна
 тел:052/55-22-77

Авторите носят отговорност за своите материали.
 Текстовете, които се представят в редакцията,
 следва да са във форма на MS Word и
 придружени с разпечатка. Снимков материал се
 представя и с негативи. Ръкописи не се връщат.

Предпечатна подготовка

Съюз на учените - Варна
Координатор на СУ-Варна:
 гл.ас. д-р инж. Желязко Николов
 e-mail: zhelyazko_nikolov@abv.bg

Настоящото издание е
 посветено на
**Науката в служба на
 обществото**
 и се осъществява по
 проект, в рамките на
 присъщата на
**Технически
 Университет - Варна**
 научноизследователска
 дейност, финансирана
 целево от държавния
 бюджет.

**обновена лаборатория на
 ТУ-ВАРНА по рентгенов
 спектрален анализ**

ДЕЙНОСТ

Изследване, изпитване и
 сертифициране на структурата,
 състава, механичните и физико-
 химичните свойства на
 инженерни метални и неметални
 материали; Безразрушително
 изследване на древни метални
 археологически находки



**СЕРИЯ
 “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ”**

1’2014

**Изследвани монети**

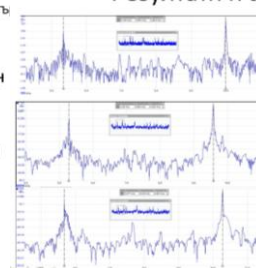
„Наполеони“ –Au 900/1000 тегло 6.4516g, диаметър
 21mm, номинал 20 франка, лири



Франция –Наполеон III

Белгия –Леополд II

Италия –Виктор-Емануел II

Резултати и анализ

Наполеон III
 f1= 5334Hz
 f2=9997Hz

Леополд II
 f1= 5282Hz
 f2=9583Hz

Виктор-Емануел II
 f1= 5677Hz
 f2=10278Hz

КОНТАКТИ

ВАРНА-9010, ул.Студентска-1,ТУ-Варна Тел.: 052/383 631, 052/383 586
 Факс: 052/302 773 E-mail: rusi.rusev@tu-varna.acad.bg

ПРОЕКТИРАНЕ НА ТВ СИСТЕМА ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ПРОСТРАНСТВЕНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ CONSTRUCTING OF THE TV SYSTEM FOR VISUALIZATION OF SPATIAL IMAGES

Росен Спиров, Нели Грънчарова, Георги Ангелов

Резюме: Статията представя някои възможности на разработена методика за визуализиране на пространствени изображения на основата на математичен модел на дифракция на поле с ултразвукова холограма.

Ключови думи: Визуализация, Дифракция, Обработка на Изображения, Холограма.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Най-голям комфортен ефект за пространственост създават холографните системи. Чрез методите на холографията е възможно физически точно да бъде възпроизведено оптично копие на даден обект.

Задачите за запис, предаване по канал за връзка, синтез и формиране на холографични изображения в реално време понастоящем не са решени. Сложност представлява математическия синтез на холографното изображения с огромно изчислително натоварване.

1.1 Видео системи за формиране на изображения в изкуствено конструиран обем за визуализация.

Могат да се отделят 3 основни принципа, по които се строят такива системи:

- ❖ възбуждане с лъч на газови смеси или суспензии, така че сиянието възниква в точката на възбуждане;

- ❖ сканиране с електронен лъч на покрита с луминофор движеща се повърхност;

- ❖ дифузно отражение на оптичния лазерен лъч от движеща се повърхност.

Газовата смес или нелинейна оптична среда, затворена в прозрачен съд обезпечава светене само в точките на пресичане на два лазерни лъча. Ефектът позволява формиране в пространството на газовата камера на 3D изображения на различни предмети [1].

Недостатъците на системите се обуславят от заложените физични принципи при работата на тези устройства. 3D изображението е трептящо и с намалена разрешителна способност, поради

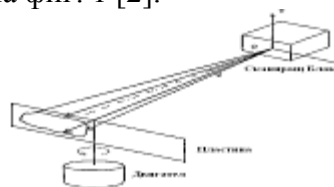
затруднено пространствено съвместяване на лъчите в точка.

1.2. 3D системи, построени на базата на стереотрон

Те представляват вакуумен стъклен балон, в който се върти екран, покрит с луминофор и възбуждането на луминофора става с помоща на електронен лъч. Основен недостатък на тези системи е конструктивната сложност за завъртане с голяма скорост на екрана във вътрешността на вакуумния балон.

Тези проблеми отсъстват при използване на дифузно отражение на оптичния лъч от движеща се повърхност и следователно не е необходима вакуумна среда.

Сканирането с оптичен лъч се осъществява по две координати, а преместването на пластината образува третата координата на изображението. Основен проблем е инерционността на системата и чрез използване на въртеливо движение се формират нетрептящи 3D изображения. Принципът на работа на системата се пояснен на фиг. 1 [2].



Фиг.1

1.3 Основни изводи от обзора, постановка и задачи за изследвания

Понастоящем особено актуални за науката и практиката са изследването на следните въпроси:

- Разработване на модели за дифракция и математическо моделиране на кохерентни оптически полета върху ултразвукова

холограма, обезпечаваща максимална ефективност на дифракцията;

➤ Разработване на система за визуализация на обемни изображения, построени на принципа на дифракция на ултразвукови холограми;

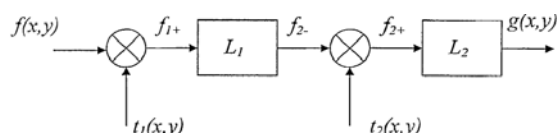
➤ Експериментални изследвания и избор на източниците на тримерна информация за кодиране, разработване на алгоритми и програми за възстановяване на триизмерна информация по плоски ъглови ракурси от медицински многоракурсни системи и стереосистеми, разработване на алгоритми и програми за кодиране на тази информация от пакета за триизмерно моделиране *3D Studio Max* за извадките на радиосигнала от формирания набор.

II. Математическо моделиране процеса на формиране на обемно изображение.

2.1. Модел на дифракция на кохерентното оптическо поле върху акустооптически дефлектор

Разработваната методика за изграждане на системата за визуализация на пространствени изображения се базира на дифракция на лазерно излъчване и акустична холограма.

Проекционната система на тази концепция може да се представи с математичния модел (фиг. 2.).



Фиг. 2. Математичен модел на проекционната система

Сигналът $f(x,y)$ на входа на системата се явява гаусова кохерентна емисия излъчвана от лазера. Сигналът се дифрактира в акустооптичен дефлектор - АОД с функция на пропускане $t_1(x,y)$, преобразува се в свободно пространство $L_1\{f_{1+}(x,y)\}$, следва фокусиране чрез събирателна леща, играеща роля на модулатор с функция на пропускане $t_2(x,y)$, и накрая отново се преобразува в свободно пространство $L_2\{f_{2+}(x,y)\}$. В представеният математичен модел може да се отделят 3 основни оператора, въздействащи върху сигнала:

1. Акустооптичен дефлектор

2. Оператор на свободното пространство

3. Леща

Функции на операторите

Дефлекторното устройство е предназначено за управление положението на оптическия лъч в пространството. В основата на неговата работа лежат законите на пречупване и отражение на излъчването. Дефлекторът е изграден във вид на оптически елементи с различна конфигурация. Изменяйки показателя на пречупване на средата чрез елементите, може да се управлява положението на лъча.

В АОД лъчът се отклонява с помоща на акустични вълни. Възможността за отклонение на оптическия лъч с помоща на акустична вълна се основава на периодично пространствено изменение на плътността на средата под въздействието на ултразвук, което води до периодично пространствено изменение на нейния показател на пречупване n в резултат на еластичен ефект. Възбужда се акустична вълна и радиосигнала има честотна лента, която зависи и се определя от материала на дефлектора и пиезопреобразователя. За най-популярния за АОД материал – парателурит тази лента е: 50 - 100 MHz.

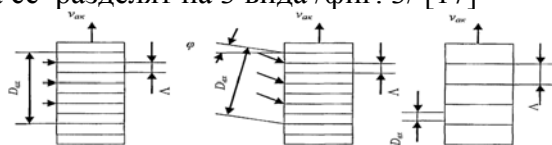
Акустичните вълни се образуват в средата с помоща на фазова решетка. Ултразвуковата вълна в коя да е среда представлява съвкупност от следващи една след друга на определено разстояние свивания и разреждания на средата. Разстоянието между две свивания се определя от дължината на звуковата вълна λ във веществото или периода на фазовата решетка L . При свиване или разреждане средата изменя своята плътност, а следователно, и показателя на пречупване на средата:

$$n_x = n + \Delta n \cos\left(2\pi f_{ak}\left(t - \frac{x}{v_{ak}}\right)\right) \quad (1)$$

n - показател на пречупване преди смущението на средата, Δn - амплитуда на изменение на показателя на пречупване, f_{ak} - честота на акустичната вълна, $v_{ak} = \lambda f_{ak}$ - скорост на звука в средата, x - текуща координата. Вълната създава градиент на показателя на пречупване:

$$\left| grad(n) \right| = \frac{dn}{dx} = -\frac{2\pi\Delta n}{\Lambda} \cdot \sin\left(\frac{2\pi x}{\Lambda}\right) \quad (2)$$

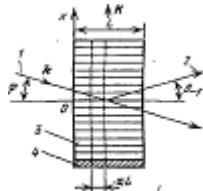
При преминаването на оптичeskото излъчване през среда с променящ се показател на пречупване възниква дифракция или рефракция на лъча. В зависимост от съотношението между диаметъра на светлинното петно D_{ex} , дължината на акустичната вълна Λ , дължината на пътя на оптичeskия лъч в акустичното поле L и ъгъла между направлението на разпространение на светлината и фронта на акустичната вълна φ ултразвуковите методи за сканиране може да се разделят на 3 вида /фиг. 3/ [17]



Фиг. 3. Ултразвуковите методи за сканиране.

- дифракционни ($D_{ex} \gg \Lambda$, $\varphi = 0$);
- дифракционни брaгови $D_{ex} \gg \Lambda$, $\varphi = \varphi_B$, $L > L_0$,
- рефракционни - пречупващи ($D_{ex} \ll \Lambda$, $\varphi = 0$)

Интерес представляват дифракционните брaгови дефлектори, понеже се оказват най-ефективни, предоставяйки най-голяма разрешителна способност.



- 1—падащ оптичен лъч
- 2—дифрактирана светлина
- 3—акустична вълна
- 4—излъчвател на ултразвук

Фиг. 4. Брaговата дифракция с акустични вълни

Нека $D_{ex} \gg \Lambda$ и светлинното петно (фиг.4) попада на границата на прозрачната среда, в която са възбудени акустични вълни. Светлинните вълни са насочени под ъгъл φ към ултразвуковата вълна и ширината на акустичния стълб по посока на разпространение на светлината е достатъчно малка. Изменението на показателя на пречупване влияе само на фазата на светлинната вълна. Понеже скоростта на разпространение на светлината е няколко порядъка в повече от скоростта на звуковата вълна, акустичния стълб може да се приеме за неподвижен. При такива допускания може да се изгради дифракционна картина при произволна моментна стойност на интензивността на акустичното поле.

Амплитудата на максимумите $\pm l$ -ви порядък съдържа ъглови множители [3]:

$$A = \frac{\sin\left\{\frac{\pi L}{\lambda}(\cos\theta - \cos\varphi)\right\}}{\frac{\pi L}{\lambda}(\cos\theta - \cos\varphi)} \quad (3)$$

$$B = \frac{\sin\left\{\frac{\pi b}{\lambda}\left(\sin\theta - \sin\varphi \mp \frac{\lambda}{L}\right)\right\}}{\frac{\pi b}{\lambda}\left(\sin\theta - \sin\varphi \mp \frac{\lambda}{L}\right)} \quad (4)$$

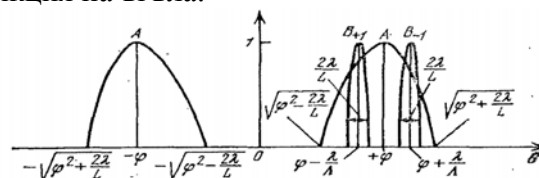
θ - ъгъл на наблюдението

b - напречен размер на дифракционната решетка

Множителят A определя обемните ефекти и зависи от дължината на акустическия стълб L . Множителят B определя посоката на максимумите $\pm l$ -вия порядък

$$\sin\theta_{\pm 1} = \sin\varphi \pm \frac{\lambda}{L} \quad (5)$$

Фиг.5 представя главните максимуми в функция на ъгъла.



Фиг.5. Амплитуди на максимумите ± 1 -ви порядък при дифракцията. С намаляване на L максимумите B_{+1} и B_{-1} разтягат, с увеличение на L максимумите A се свиват. Затова при високи акустични честоти или при големи стойности на L максимумите B_{+1} и B_{-1} не се препокриват с максимума A . Максимумът B_{-1} може да съвпадне с втория максимум за λ при определен избор на ъгъла φ на базата на съотношенията:

$$\sin\varphi = \frac{\lambda}{2\Lambda} \quad (6)$$

В този случай ъгълът на падане на оптичния лъч φ , който е ъгъла на Брaг е означен с φ_B , а посоката на максимума за 7-ви порядък се намира с израза:

$$\sin\theta_{-1} = -\frac{\lambda}{2\Lambda} \quad (7)$$

Посоката на максимума $+7$ -ви порядък се определя от съотношението:

$$\sin\theta_{+1} = \frac{3\lambda}{2\Lambda} \quad (8)$$

Така, ако за посоката на оптичния лъч, излизаш под ъгъл на Брaг $A = 1$, то при условие, че $\lambda \ll L$ за посоката на максимума $+1$ -ви порядък се получава:

$$A = \frac{\sin\left(\frac{\pi L \lambda}{\Lambda^2}\right)}{\frac{\pi L \lambda}{\Lambda^2}} \quad (9)$$

Максимумите +1-ви порядък имат еднаква интензивност при:

$$\frac{\pi L \lambda}{\Lambda^2} \ll 1 \quad (10)$$

и са асиметрични при:

$$\frac{\pi L \lambda}{\Lambda^2} \gg 1 \quad (11)$$

При изпълняване на условие (11), интензивността на всички дифракционни максимуми, освен максимума от 1-ви порядък, стават пренебрежимо малки.

По такъв начин за получаване на точките на изображението под различни ъгли е необходимо последователно да се възбуждат в дефлектора акустични вълни с различна дължина на вълната, респективно честота.

Сигналът за възбуждане на акустооптичния дефлектор (АОД) $Y(t)$ има вида:

$$Y(t) = A \cos\{2\pi f t\}, \quad (12)$$

където A – е амплитудата на сигнала, определяща яркостта на оптичното поле в точка от пространството след дифракцията под зададен ъгъл; f – е носещата честота; t – текущото време. Теоретично, в режим на разбивка отклоняващата система на базата на АОД е длъжна да работи в реално време за да се получи висока разрешимост на динамичното изображение, т. е. отклонението на лъча трябва да се осъществи за време, съществено по-малко, отколкото е необходимо за запълване на цялата апертура на дефлектора за акустична вълна със зададена честота [3].

Намаляването на продължителността на всеки хармоничен сигнал води до непълно запълване на апертурата на АОД и до разширяване на точката на оптичното поле след дифракцията под зададен ъгъл.

За намаляване на влиянието от разширяването, за всеки сигнал за възбуждане АОД трябва да подбира не по-малки продължителности на времето на апертурата T . Развивката се формира чрез сумиране по апертура в АОД на хармоничните сигнали с различни амплитуди A и честоти f , определящи яркостите и ъглите на отклонения след дифракцията. В резултат на това след дифракцията в отдалечената зона се формира ред от точки със зададена яркост. При по-голяма скорост на сканиране, когато в

апертурата на дефлектора едновременно се намират звукови вълни с няколко дължини, настъпва разцепване на оптичното петно. Амплитудите и фазите при парциалните петна се определят от спектралния състав на акустичните вълни, т. е. създава се пространствено разпределяне на оптичното поле след дифракцията на акустичните вълни, както това се случва в холограмата. Сумата от синфазни трептения с различни дължини на вълната определят отклоненията на парциалните лъчи на необходимите ъгли и пораждат резултат граничещ до δ -функция, т. е. в апертурата на дефлектора възниква сигнал с висок пик фактор, което съществено снижава ефективността на дифракция, т. е. при дифракцията Брег за максимума от -1 ви порядък излиза практически нулева интензивност на оптичното поле.

При разделение на оптичното поле след дифракцията във вид на ред точки еднаквата интензивност в зададените ъгли на отклонение на минималния пик фактор в дефлектора се получава сигнал с ЛЧМ:

$$Y(t) = A \cdot \cos [2\pi(f + tF/T)t], \quad (13)$$

тук F – е девиацията на честотата, определяща лентата честоти след дифракцията, т. е. броя засветявани точки, T – продължителност на радиоимпулса. Спектъра на такъв сигнал с висока степен на точност е постоянен в тази лента, което позволява да се създаде ред засветени точки, зададен с дължината и положението с равна яркост на пикселите. Началната фаза на този сигнал се променя във времето по квадратичен закон:

$$q = 2\pi^2 F/T. \quad (14)$$

В случая управлението не само на положението, но и яркостта на точките в сигнала се усложнява за сметка на въвеждането на зависимост на амплитудата от носещата честота $A(f)$. За получаване на ефективна дифракция на оптичното поле и разпределение в отдалечената зона във вид на редове засветяваните точки по зададен закон се разпределя яркостта и задачата се състои в определяне на разпределението на началните фази на сумиращите се хармонични сигнали с различни амплитуди и честоти, различаващи се в най-малка степен със зависимостта (14), обезпечаваща минимален пик фактор, близък

до пик фактора на ЛЧМ-сигнал. За решаване на тази задача следва да се разгледат подробно спектралните характеристики на сигнала с ЧМ запълвания.

2.2 Построяване на алгоритмичен модел

Математическият апарат, необходим за представяне на светлинното поле във вид на суперпозиция от плоски вълни, както вече бе показано се основава на преобразованието на Фурие. При компютърното моделиране на оптичските явления с използване на апарата на Фурие-оптиката се прилага 2D Фурие-преобразование [4].

Днес програмируемите логически микросхеми FPGA притежават мегафункции, осъществяващи апаратно БПФ над цифрово представените сигнали в реално време.

Универсалната изчислителна схема за моделиране на явленията саморепродукция, получаване на многофокусна система и пространствена филтрация изглежда така. Нека обекта $f(x,y)$ е разположен на разстояние z от предметната равнина, а във Фурие-равнината е поместен транспарант с функцията на пропускане $H(u,v)$, тогава полето в изходната равнина може да бъде намерено като [4]:

$$f(x,y) \rightarrow F(u,v)$$

$$G(u,v) = H(u,v) \cdot e^{i \frac{z}{2k}(u^2+v^2)} \cdot F(u,v)$$

$$g(x,y) \leftarrow G(u,v), \quad (15)$$

$$u = \frac{kx}{f}, v = \frac{ky}{f} \quad (16)$$

Нека L – е страната на квадрат в предметната равнина, в пределите на която крайната функция $f(x,y)$ е различна от нула, а N – е броя на разбивките на големия квадрат на "изчислителни" квадрати. Следователно, прехода от функция на два непрекъснати аргумента към матрица ще изглежда така:

$$f_{j_x j_y} = f\left(j_x \frac{L}{N}, j_y \frac{L}{N}\right) \quad (17)$$

При двумерно дискретно преобразование на Фурие матрицата $||f_{j_x j_y}||$ преминава в:

$$F_{j_x j_y} = \frac{1}{N} \sum_{j_x, j_y=1}^N f_{j_x j_y} e^{i \frac{2\pi}{N}(j_x j_x + j_y j_y)} \quad (18)$$

Страната на "изчислителния" квадрат $dx = L/N$ преминава при ДФП в: $\frac{2\pi}{dx} = \frac{2\pi N}{L}$ а височината на квадрата от страни преминава в

$dk = \frac{2\pi}{L}$ Отчитайки (16) се вижда, че $\frac{kdx}{f} = dk$ и следователно $\frac{2\pi L_F}{\lambda f} = \frac{2\pi}{L}$ където L_F – е "пространствения" размер на правоъгълника в Фурие - равнината. Следователно:

$$L_F = \frac{\lambda f}{L} N \quad (19)$$

По такъв начин, разстоянието във Фурие-равнината, съответстващо на нейния размер, е отражение на "изчислителния" квадрат в матрицата $||F_{j_x j_y}||$ така:

$$L_F = \frac{\lambda f}{L} N \quad (20)$$

Съдържаща се във вида на множител в (15) функцията на свободното пространство се преобразува в "дискретна" форма:

$$\begin{aligned} \frac{z}{2k}(u^2+v^2) &= \frac{z}{2k}(x^2+y^2) \frac{k^2}{f^2} = \\ &= \frac{\pi z}{\lambda f^2}(x^2+y^2) = \frac{\pi z}{\lambda f^2}(j_x^2 + j_y^2) d_0^2 = \\ &= \pi \frac{\lambda z}{L^2}(j_x^2 + j_y^2). \end{aligned} \quad (21)$$

По такъв начин общата схема на изчисление на полето в изходната равнина ще изглежда така:

$$f_{j_x j_y} \rightarrow F_{j_x j_y},$$

$$G_{j_x j_y} = H_{j_x j_y} \cdot e^{i \frac{\lambda f z}{L^2}(j_x^2 + j_y^2)} \cdot F_{j_x j_y},$$

$$G_{j_x j_y} \rightarrow g_{j_x j_y} \quad (22, 23, 24)$$

В (23) се използва зависимостта от z/f , докато в задачите с изчислителен характер е удобно да се работи с безразмерни параметри. Въвеждането в алгоритъма на апертурни ограничения се постига с умножение на функцията на пропускане на транспаранта $H_{j_x j_y}$ с нулева функция с ширина, съответстваща на размера $D = a.L$ на апертурната рамка, т. е. всички изчисления се извършват по същите формули (22)-(24), но с променена функция на пропускане на транспаранта. Ако е необходимо да се увеличи контрастността на изображението в изходната равнина с методи за затъмняване на полето, то това се постига с просто зануляване на елементите на матрицата $||H_{j_x j_y}||$ на системата и координатите в пространствените честоти. При изчисляване на (23) и (24) по пътя на пълното сумиране са необходими $\sim N^4$ елементарни операции от типа на умножение или събиране на комплексни експоненти. Затова за

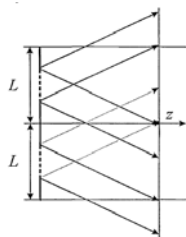
изчисляване е по-добре да се използва алгоритъма на БПФ, който за двумерния случай изисква $N^2 \log N$ елементарни операции. Следва да се отбележи, че за използването на алгоритъма на БПФ, е необходимо числото за N да бъде степен на 2.

2.3 Паразитни ефекти в компютърния модел

А. Дискретизацията в модела води не само до загуба на точности, но и в някои случаи до поява на паразитни смущения, не наблюдаеми в реалния експеримент.

Б. Следващото принципно ограничение на компютърните изчисления е свързано с разреждаността на използваните числа.

Използването на БПФ налагат определени ограничения за моделиране на оптичните явления. Освен, че ограниченият обект има безкраен спектър, методите за БПФ предполагат периодична структура на обекта и ограничаване на спектъра. Максималната 2π честота на пространствените хармоници имат честота: $U_{\max} = \frac{2\pi}{dx}$, където dx е разстоянието между точките на отчетите на дискретното Фурие преобразование. Влиянието на хармониците с високи честоти може да се пренебрегне, ако в характеризиращите размери на обекта в експеримента се побира повече от една "изчислена" точка. В построения с БПФ модел протича Фурие преобразование на безкрайно периодично изображение с период, равен на размера на страната на равнината на наблюдение L . Ако обекта е периодичен и периода е кратен на L , то алгоритъма дава абсолютно точен резултат. Ако обектът има друг вид, например, дифракционната решетка е с крайна дължина, то съседните дифракционни петна от моделираната входна равнина и другите "изчислени" равнини ще се насложат върху изображението, както е показано на фиг. 6 в равнината на наблюдението.



Фиг.6. Наслагване на дифракционните петна от съседните "изчислени" равнини.

Този проблем би могъл да се преодолее, ако изображението от решетката заеме само малка централна част от цялата референтната равнина. Така и при отсъствие във Фуриера равнина на транспарант с периодична функция на пропускане, винаги присъства „изчислителна“ решетка, реализираща дискретизацията при замяна на функцията с непрекъснатия аргумент $G(u,v)$ с матрицата G_{ij} . Тази "изчислителна" δ -решетка с период d_0 (21), прави системата многофокусна винаги, даже при отсъствие на "физическа" решетка. Паразитните фокални равнини се намират съответно на разстояния [4]:

$$z_{\text{параз}}^n = \frac{2\lambda f^2}{d_0^2} n = \frac{2L^2}{\lambda} n, \quad n = 1, 2, \dots \quad (25)$$

Този ефект е свързан с дискретизацията и не може да бъде отстранен от модела, затова при моделирането е необходимо да се отчита това последствие. Ако периода на реалната решетка е кратен на периода на "излителната" мрежа d_0 , то създаваните от нея допълнителни равнини се намират на кратни разстояния така:

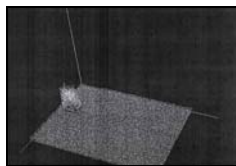
$$z_0 = 2\lambda \frac{f^2}{d^2} = 2\lambda \frac{f^2}{d_0^2} \frac{1}{(d/d_0)^2} = \frac{z_{\text{параз}0}}{(d/d_0)^2} \quad (26)$$

т. е. на разстояния от $z_{\text{параз}}$. В реалната оптична схема поради апертурните ограничения качеството на изображението се влошава. Моделът не възпроизвежда някои оптични ефекти с малък порядък, като плавната деградация на качеството на изображението при големи стойности за z/f . Ефектите, свързани с дискретизацията, може да се намалят, избирайки достатъчно голям брой отчети на мрежестата решетъчна функция N .

2.2. Математическо моделиране на оптически полета

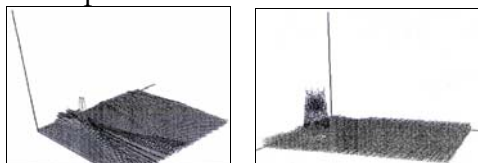
В съответствие с изложените алгоритми в средата Borland Developer Studio е разработена програма, реализираща описаните алгоритми. Програмата моделира разпределението на полето след дифракцията на акустичната холограма в апертурата на АОД, възбуждана от радиосигнал и последващо преминаване през тънка леща. Интерфейсът на програмата са два отделни прозореца, като единия съдържа елементи на управление и изходните данни за процеса на

моделиране, а другия прозорец извежда резултата с разпределението в 3D формат при използване на библиотеките на Open GL (фиг. 7).



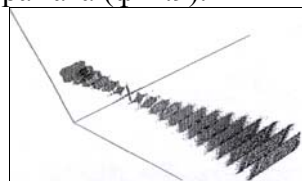
Фиг. 7. Резултати от процеса на моделиране

Процедурата за формиране на сигнала зависи от потребителските настройки. Блока за формиране на пространствения оператор, преобразованието на сигнала и разчета на оптичното поле съдържат необходимите математически процедури за последващо извеждане на резултата от разпределението на полето на екрана в 3D формат с използване на Open GL. Резултатът във вид на поток е показан на фиг. 8.



Фиг. 8. Надлъжно и напречно разпределение

В програмата, напречното сечение на полето за различни надлъжни разстояния Z се натрупва, образувайки пространствено разпределение на полето в обема. Оптичното поле, образувано от дифракцията на две плоски акустични вълни в близост до фокуса на лещата създава разпределение със свиване във фокуса на лещата. Опирайки се на математически експерименти с верифициране на програмата за моделиране, е разработена методика за синтез на радиосигнал, формираща холограма в апертурата на акустооптичния дефлектор (АОД). Тя се базира на сумиране на синусоидални сигнали. Всеки синусоидален сигнал възбужда в дефлектора акустична вълна, явяваща се дифракционна решетка за дифракция на оптичното поле, образувайки в отдалечената зона стеснение във вид на светеща точка върху холограмата (фиг. 9).



Фиг. 9. Разпределение на полето в пространството при дифракция на хармонична вълна

Амплитудата на всеки сигнал определя яркостта на точката, честотата на сигнала

определя положението на точката по напречната координата X на холограмата. Добавяйки девиацията на честотата в синусоидалния сигнал по закона на лещата, може да се управлява положението на стесняването на петното, т. е. положението на светящата точка по оста Z . В зависимост от това доколко втория канал на АОД се възбужда с аналогичен сигнал, неговите параметри ще определят положението на линиите с точките за 2-та напречна координата в равнината на холограмата по оста Y и положението на точките по оста Z . В АОД протича процес на умножение на дифрактираните полета по двата ортогонални канали.

Резултатите от математическия експеримент потвърждават работоспособността и ефективността на разработената методика за синтез. Видно е, че положението на стесненията от светещи точки за всяко петно се измества за сметка на девиацията на честотата.

III. ИЗВОДИ

1. Разработен е математичен модел на дифракция на поле с ултразвукова холограма.
2. Обоснована е методика за синтез на холограма във вид на сума от хармонични дифракционни решетки за паралелно извеждане с дифракция на оптичното поле във вид на редове и точки.
3. Обоснован е закона за изменение на началните фази решетките за обезпечаване на максимална ефективност на дифракцията.
4. Извършено е математическо моделиране на дифракцията на кохерентно оптично поле с ултразвукови холограми при голям брой точки за моделиране в отдалечената и в близката за дифракцията зона.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Bains S. Radial scanning produces 3-D image on flat screen // Laser Focus World. 1993.
- [2] C. Tsao, J. Chen "Moving Screen Projection: a new approach for volumetric three-dimensional imaging", Proceedings of SPIE, 1996.
- [3] E. Mulkens, W. Roberts "Effects of display geometry and pixel structure on stereo display usability" Proc. SPIE, Stereoscop. Displ. Virt. Real. Syst. VIII, 2001.
- [4] Sumiyoslii A., Sheridan J. T. „Almost-Fourier and almost-Fresnel transformations”, Opt. Commun. 1995.

За контакти:

Росен Спиров, ТУ-Варна, "ОУЛ-Електроника",
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 606Е
e-mail: rosesexel@abv.bg
Нели Грънчарова, ТУ-Варна, ЕФ, кат. КТТ
9010, Варна, Ул. Студентска № 1,
e-mail: nelly2000@abv.bg
Георги Ангелов, ТУ-Варна, ЕФ, кат. ЕТМ
9010, Варна, Ул. Студентска № 1

ТВ ВИДЕО СИСТЕМА ЗА ПОДВОДНИ НАБЛЮДЕНИЯ И НАВИГАЦИЯ TV VIDEO SYSTEM FOR UNDERWATER OBSERVATION AND NAVIGATION

Росен Спиров, Нели Грънчарова, Георги Ангелов

Резюме: Статията представя проект и конструктивно решение на ТВ система за подводни наблюдения и ДУ за навигация за подводен робот, съобразени със спецификата на подводните условия, течения, осветеност, дълбочина, налягане и др.

Ключови думи: Визуализация, Дифракция, Обработка на Изображения, Холограма

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Роботите за подводни изследвания и спасителни операции са модерни технически съоръжения, проектирани в анонс със спецификата на работа под вода и световните тенденции (фиг. 1) [1].



Фиг.1 ROV

Съществена и неопценима е помощта на тези апарати в издирвателни и спасителни операции, при бедствия и аварии в трудни и понякога опасни за човека условия (фиг.2).



Фиг.2 Спасителни операции

Подводния апарат е ефективно средство за опазване на водите, подводната флора и фауна, засичане на петролни разливи в акваторията на пристанищата и шелфа (фиг.3).



Фиг.3 Подводна екология и археология

Подводните работи обикновено са оборудвани с локатори за страничен обзор (сонари) и подводни ТВ камери. Съвременните ТВ системи са два типа:

❖ Отворени - тук се отнасят системите за телевизионно радио разпръскване.

❖ Затворени - предназначени са за наблюдения на напълно определени обекти или процеси, което дава възможност за значително опростяване на техните регулировки и за намаляване на теглото, размерите и цената им.

Параметрите, съставът, схемите и конструктивните решения на затворените системи са съгласувани максимално с предназначението им. В случаите, когато тв сигнали трябва да се предават на големи разстояния, като преносна среда в затворените телевизионни системи, се използват влакнесто – оптични кабели [2].

II. ТЕХНИЧЕСКИ ИЗИСКВАНИЯ КЪМ СИСТЕМАТА ЗА ПОДВОДНА ТЕЛЕВИЗИЯ

2.1. Компоненти на системата за подводна телевизия

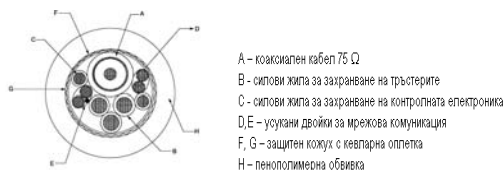
Системата за подводна телевизия включва две основни звена [3]:

➤ Първото звено се намира на кораба и включва в себе си: монитор, приемник на ТВ сигнал, хидроакустична апаратура, предавател на блока за дистанционно управление и захранващ блок.

➤ Второто звено се намира в подводния апарат и се състои от ТВ камера, предавател на ТВ сигнал, приемник на блока за дистанционно управление, бордна електроника, ел. задвижване, хидроакустична апаратура, прожектори, фотоапарат, манипулатор, др.

Двете звена са свързани помежду си с коаксиален кабел - тетер, дълъг 2000 м., който е същевременно и носещ на цялата подводна конструкция.

Най – критичния параметър на кабела е затихването на пренасяния сигнал, като за честота 5.5 MHz, то е над 30 dB на 1000м. Затихването на сигнала следва логаритмичен закон и за честоти над 10MHz ще е нужно по-голямо усилване. По същия кабел към подводния апарат трябва се подава захранващо напрежение 220 V и управляващи сигнали, а в обратна посока се получава видео и хидроакустическа и др. информация.

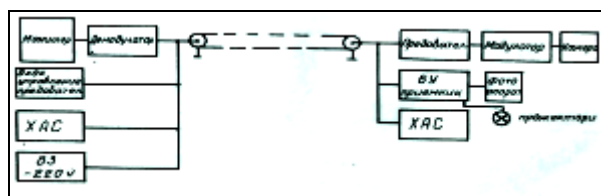


Фиг. 6. Сечение на тетер

2.2. Проблематика и възможности

Основния проблем в системата за подводна телевизия е обработката на видеосигнала е освобождаването на долната честотна лента - до 100kHz, като същевременно носеща честота на модулирания видео сигнал да не надхвърля 10MHz.

Търсеното решение може да се базира на използване на принципите за честотната модулация и демодулация [4]. На същия принцип работят множество видеоманетофони, като видеосигнала се компресираща до 3.5 MHz, извършват се съответните предавателни обработки и сигнала се модулира с носеща честота 5.5 MHz така, че честотната девиация е около 1.9 MHz. Така долната честота се освобождава, а носещата честота на модулираното трептене е под 10 MHz. Блоквата схема комуникационния канал на системата за посводна ТВ е представена на фиг.7



Фиг.7 Блоквата схема на система за подводна ТВ

III. ТЕХНИЧЕСКИ РЕШЕНИЯ

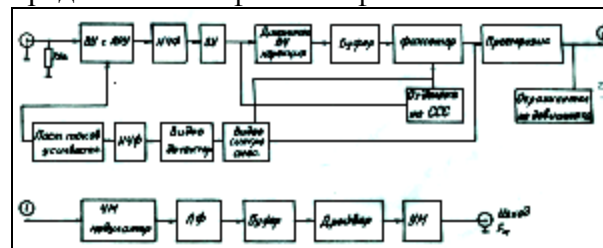
Имайки предвид изискванията, които се поставят пред тв канал в системата и начините и методите, използвани за подбор и обработка на видеосигнала, практично решение би могло да бъде сведено до

използване на 2 интегрални схеми производство на компанията „SONY”:

✓ CX131A - модулатор,

✓ CX135 -демодулатор.

Реализацията на блоковата и принципната схеми на модулатора и демодулатора са техническото решение, предложено от SONY Co. в модел “VD-5850P” [5]. Пълните блокови схеми на модулатора и демодулатора са представени на фиг.10 и фиг.11.

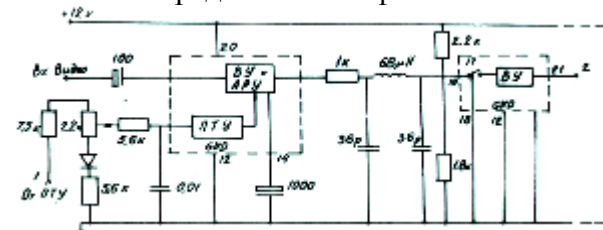


Фиг.10 Блоквата схема на модулатора



Фиг.11 Блоквата схема на демодулатора

Принципа на действие на модулатора накратко е а следния. Първото стъпало на схемата представлява един видеоусилвател с АРУ. Той поддържа постоянно ниво на подавания сигнал, защото условията при които работи камерата се променят непрекъснато. Този видеоусилвател се намира в интегрална схема CX131A, а принципната ел схема е представена на фиг.12.



Фиг.12 Видеоусилвател с CX131A

Второто стъпало представлява НЧФ. Той ограничава спектъра на усиления сигнал. НЧФ е П-образен. Условието за прозрачност на филтъра е:

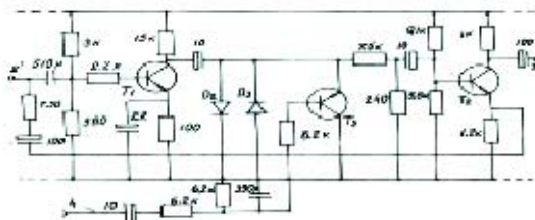
$$-1 \leq \frac{f\omega L}{4/\omega C} \leq 0 \quad \text{или} \quad 0 \leq \frac{\omega^2 LC}{4} \leq 1$$

Получават се 2 честоти на срез $\omega_0 = 0$ и $\omega_0 = \frac{2}{\sqrt{LC}}$. Така филтъра пропуска сигнали с

честоти от 0 до $\frac{2}{\sqrt{LC}}$. В този интервал: $\varphi = \beta - \arccos \cos(1 - 2\omega^2/\omega_0^2)$ за $\omega \geq \omega_0$, $\alpha = \arccos(1 - 2\omega^2/\omega_0^2)$. Вълновото съпротивление на филтъра е:

$$\rho_n = \sqrt{\frac{L}{c} \left(\frac{1}{1 + \omega^2 / \omega_0^2} \right)}$$

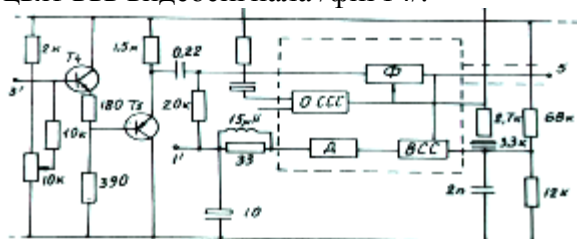
Третото стъпало е видеоусилвател на нивото на видеосигнала след НЧФ /фиг13/ [6].



Фиг.13 Видеоусилвателя

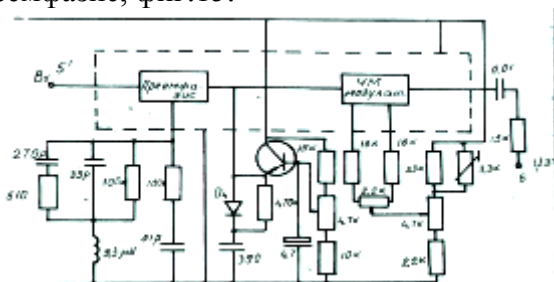
При постъпване на сигнала през ВЧФ с Т1 следва усилване и инвертиране на ВЧ съставни на сигнала и последващо ограничение с диодите Д1 и Д2. След ограничителя следва смесително стъпало с Т2. Така се постига отрязване на ВЧ в областите близки до ниво черно, което е необходимо, защото ниво черно се предава в НЧ област. Т3 е ключ за изключване на схемата за ДВЧК по време на предаване на синхронизиращите импулси. Това предотвратява евентуална загуба на информация за цвят.

След блока на ДВЧК видеосигнала преминава през буферно стъпало от 2 емитерни повторители за съгласуване с входа на фиксатора, който поддържа нивото на черния цвят във видеосигнала /фиг14/.



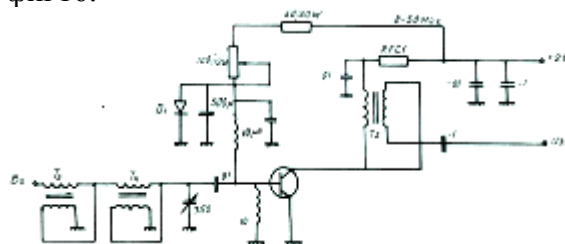
Фиг14. Буферно стъпало с фиксатор

От фиксатора, видеосигналът постъпва на входа на блок за ВЧ корекция - т.н. преамфазис, фиг.15.



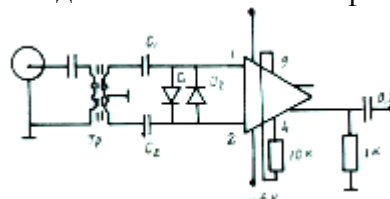
Фиг.15 Блок за ВЧ корекция

След процеса девиацията на видеосигнала се ограничава с транзистора Т5 и сигнала постъпва на входа на честотния модулатор. Честотно модулирания сигнал след буфера се подава към оптичния предавател. За да се осигури изискваната стабилност на преднапрежение със защита срещу повреда от прегряване е използвана диодната схема от фиг16.



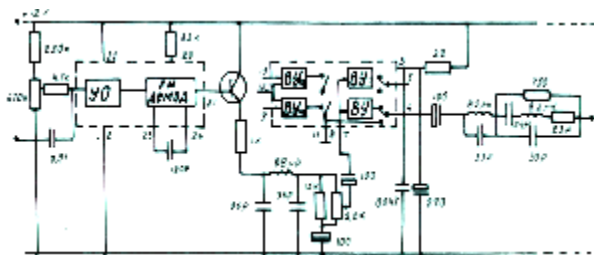
Фиг.16 Изходно стъпало

В приемната страна на комуникационния канал в подводния апарат, сигналът от кабела преминава през ВЧ филтър за отделяне на сигналите с ЧМ от хидроакустичните и комутационните сигнали, които през диоден ограничител постъпват на диференциалния вход на ОУ МАА733 от фиг.17 [7].



Фиг.17 Приемник на комуникационния канал

Така усиленият сигнал преминава през ограничител, за елиминиране на паразитната амплитудна модулация, получена вследствие на нееднаквото затихване на сигналите с различна честота по канала. След АО ЧМ сигнал преминава през демодулатора. Получения комплексен тв сигнал постъпва на входа на буферно стъпало, изградено като емитерен повторител. Той съгласува изхода на модулатора с входа на следващия блок – НЧФ, елиминиращ комбинационните честоти след дедектирането. Затихналият КТС трябва да се усили и се подава на ВУ. През НЧФ видеосигнала преминава през блока за деамфазис корекция. АЧХ на тази корекция е обратна на преамфазисната. Тук наклонът в характеристиката на деамфазисната корекция може да се промени със следната схема:



Фиг.18 Блок за деемфазис-корекция

Около ниво черно двата диода D_1 и D_2 са запушени и съпротивлението на филтъра е 820Ω при хоризонтален наклон на характеристиката. В областите близки до ниво бяло двата диода се отпушват и резисторът $1k\Omega$ се оказва паралелно включен на този 820Ω . Сумарното съпротивление на хоризонталният наклон може да се определи:

$$R_x = \frac{(R_{D1} + R_{D2} + R_{820\Omega}) R_{820\Omega}}{R_{D1} + R_{D2} + R_{820\Omega} + R_{1k\Omega}}$$

Тази промяна на съпротивлението води до промяна на времеконстантата на филтъра, а оттам се променя наклона в характеристиката на деемфазисната корекция. Така вече коригиран видеосигналът е пълно копие на този от тв камера и през буферното стъпало се изпраща за запис, последваща цифрова обработка или към монитор за видео наблюдение.

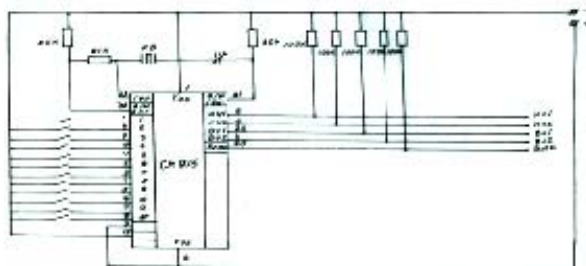
III. БЛКОВА И ПРИНЦИПНА СХЕМА НА ДИСТАНЦИОННОТО УПРАВЛЕНИЕ

От особеностите на задачата се вижда, че дистанционното управление трябва да осъществи връзка между пулта за наблюдение, намиращ се на кораба и електронната ТВ и хидроакустична апаратура и управление на задвижването на подводния апарат, за да се осигури нормална работа.

Системата на ДУ се състои от два блока:

- Блок -пулт за управление:
- Блок –приемен в подводния апарат:

За блок „избор на команда” се използва клавиатура от дванадесет бутона и генератор на базата на ИС CM915 и ел.схема от фиг.19.



Фиг.19 Блок „избор на команда”

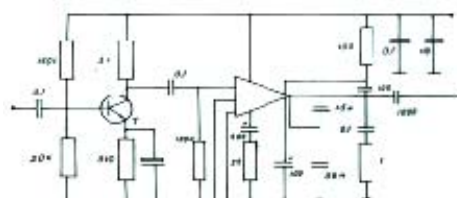
Предавателния блок на ДУ може да се представи с блок-схемата от фиг.20.



Фиг.20 Предавателен блок

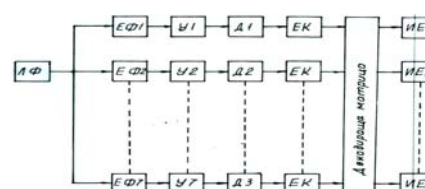
Исходният сигнал от генератора Г съответства на избраната команда и се подава към предусилвателя ПУ. След преминаване през НЧ усилвател и лентов филтър управляващият сигнал постъпва към линията за връзка към приемника на подводния апарат.

Използваната ел.схема на ПУ е едностъпална, изпълнена с NPN транзистор по схема „общ емитер” и усилвател на мощност /фиг.21/.



Фиг.21 Схема на ПУ и УМ

НЧУ е изпълнен с ИС МВА 810. Блоквата схема на приемника на ДУ е представена на фиг.7.



Фиг.22 Блоквата схема на приемника на ДУ

Схемата включва функционалните блокове:

- Електронен теснолентов филтър за ограничение на лентата на пропускане от 300 Hz до 5 kHz,
- 7-теснолентови ел. филтри за филтриране на 7-те основни честоти от предавателя.
- Усилватели за възстановяване нивото на сигнала.
- Декодираща матрица
- Логически блок и изпълнителни елементи.

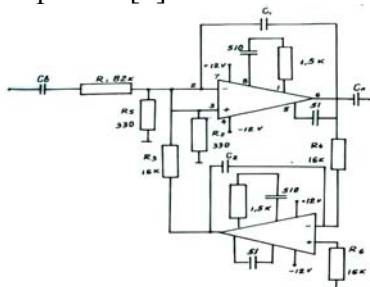
Най – съществена част в приемния блок са електроните теснолентови филтри и определяне на необходимия качествен фактор [8]. Честотите са: 697, 770, 852, 941, 1209, 1336, 1477 Hz.

Вижда се, че най – малкото честотно разстояние е това между честотите 697Hz и 770Hz, което е 73Hz. Така теснолентовия филтър с качествен фактор 20, напълно отговаря на изискванията и :

$$\Delta f = \frac{f_0}{Q} \quad \Delta f = \frac{697}{20} \approx 35 \text{ Hz} \quad f_{c2} = f_0 + \frac{\Delta f}{2}$$

$$f_{c2} = 697 + \frac{35}{2} \approx 714,5 \approx 715 \text{ Hz}$$

За реализиране на филтъра се използва схемата от фиг.23 [9].



Фиг.23 Лентов филтър

Схемата е с $Q = 50$, коефициентът на предаване $= 10$ и средна честота в границите от 300 до 5 kHz. По своята същност схемата представлява усилвател, реализиран с ОУ₁, обхванат от честотно зависима активна ООВ осъществена с ОУ₂. Сабилността на постоянно токовия режим на двата ОУ се обуславя от постоянно токова ООВ от изхода на ОУ₁ през R_4 ОУ₂ и R_3 към неинвертиращия вход на ОУ₁.

С увеличаване на честотата коефициента на усиление на усилвателя с ОУ₁ и дълбочината на активната ООВ с ОУ₂ намаляват, но намаляването на дълбочината на ООВ става по-бързо. Така при много високи честоти активната ООВ фактически престава да действа, тъй като кондензатора C_2 има нищожно съпротивление и в неинвертиращия вход на ОУ не се подава напрежение.

Свойствата на схемата, като теснолентов филтър се определя едновременно от RC – групата $R_1 - C_1 - C_2 - R_2$ и честотнозависимата ООВ от изхода на ОУ към инвертиращия вход R_1 и C_1 образуват пасивен Γ – образен НЧФ, който пропускат сигнали от 0 до

$$f_{c1} = \frac{1}{2\pi R_1 C_1}$$

Следващата група $C_2 - R_2$ е Γ – образен пасивен ВЧФ, пропускащ сигнали до гранична честота:

$$f_{c2} = \frac{1}{2\pi R_2 C_2}$$

Елементите $R_3, R_4, R_5, C_3, C_4, C_5$ и във веригата на ООВ на ОУ образуват двоен Т – мост. Неговата АЧХ е много остра – лентата на пропускане е тясна, и при точни стойности на елементите, коефициента на предаване на моста е 0 т.е при тази честота няма ООВ и коефициента на предаване на филтъра е максимален. За да се получи дадена f_0 капацитетите $C_1 - C_5$ се изчисляват по формулите:

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \frac{10,2 \text{ [nF]}}{f_0 \text{ [kHz]}}$$

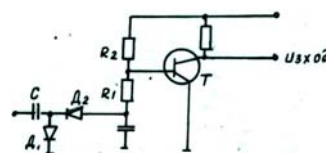
$$C_5 = 2C_1$$

Стръмността на АЧХ в първата октава под долната граница на честотата и в първата октава над горната гранична честота е 26,5 dB/oct.

След лентовия филтър е използван усилвател с ОУ с голямо входно съпротивление и регулиране на дълбочината на ООВ плавно в границите от 1 до 100 пъти. Това е напълно достатъчно, тъй като сигнала на лентовия филтър може да се изменя в границите от 204 mV ÷ 4 V, тъй като коефициента на предаване е равен на 68, а входното напрежение е от 3 mV до 60 mV.

$$k = \frac{R_2 + R_1}{R_2} = 1 + 100 \text{ пъти}$$

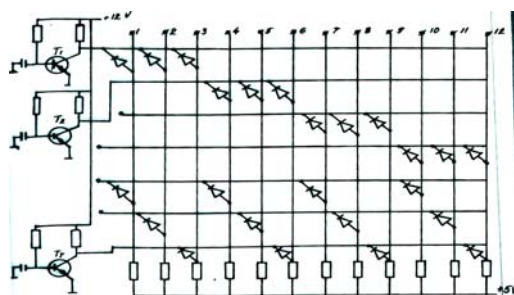
при $R_1=0$ $k=0$. След изправяне може да се осигури необходимото постоянно напрежение за работа на електронните ключове, често изпълнени по схема „ОЕ. Транзисторът се запуща при $0 \leq U_{BE} \leq U_{BEQ}$. На фиг.24 е представена ел.схема на диоден изправител с транзисторен ключ.



Фиг.24 Електрония ключ

Сигнала се изправя от D_1 и D_2 и компенсира тока, протичащ през съпротивлението R_2 . Транзистора T се запуща и неговото колекторно напрежение се повишава.

За дешифриране на командите се използва схема с диодна матрица, представена на фиг.25.



Фиг.25 Декодер на команди

След декодиране на командите следва тяхното изпълнение от системите за позициониране и ел.задвигвания на подводния робот, манипулатори и др изпълнителни механизми.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създаденият комуникационен канал обезпечава с визуална информация командното звено на кораба за текущото местоположение на подводния апарат и предава навигационните команди към системите за задвижване и управление на манипулатор ако е предвиден такъв. Това са особено важен и отговорен набор задачи изискващи съобразяване със спецификата на подводните условия, течения, осветеност, дълбочина, налягане, др.

III. ИЗВОДИ

1. Направен е анализ с акцент върху особеностите на апаратите за работа под вода и специфичните изискванията към подводните телевизионните видео системи.
2. Постигнато е решение на основния проблем при изграждането на системата за подводна телевизия, като чрез обработка на видеосигнала се освобождава долната честотна лента - до 100kHz, като носеща честота на модулирания видео сигнал не надхвърля 10MHz.
3. Реализирано е конкретно конструктивно решение на ТВ канал за подводна телевизия.
4. Реализирано е конкретно конструктивно решение на ДУ за навигация на подводен апарат.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Kato N, Median and paired fin controllers for biomimetic marine vehicles, Journal of Applied Mechanics Reviews, vol. 58, pp. 238–252, 2005.
- [2] Спиров Р, Цанов П. „FPGA Интегрирана система и управление на подводен робот СКАТ за откриване на динамични обекти“, „Известия Съюза на Учените“ 2010г, ISSN 1310-5833.
- [3] Е. Филков и Р. Кунчев – „Електронни схеми за визуална информация“ изд. Техника 1981 г.
- [4] В. Кисьов – „Телемеханика“ изд. Техника 1978г.
- [5] Сервизно описание на видеоманетофон „Сони“ модел VO-5850 P – 1983 г.
- [6] Н. Шварц – „Линейни транзисторни усилватели на СВЧ“ изд. Советское радио 1980 г.
- [7] Х. Шойлев – „Сборник от приложни схеми с операционни усилватели“ изд. Техника 1981 г.
- [8] С. Куцаров – „55 практически схеми на електронни филтри“ изд. Техника, 1984 г.
- [9] Д. Ленк – „Наръчник по опростено проектиране на схеми с полупроводникови елементи“, Техника 1981.

За контакти:

Росен Спиров
ТУ-Варна, “ОУЛ по Електроника”,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1, 606Е
e-mail: rosexel@abv.bg

Нели Грънчарова, ТУ-Варна, ФЕ,
кат.КТТ,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1,
e-mail: nelly2000@abv.bg

Георги Ангелов ТУ-Варна, ФЕ, кат.ЕТМ,
9010, Варна, Ул. Студентска № 1,
e-mail: valedddy@abv.bg

ПРОЦЕС, ТЕХНОЛОГИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

Кирил Я. Киров

Abstract: The concepts of process, technology and management are commented. Analysed is their interaction and role in the production process. The classification of technologies and processes in relation to the levels of knowledge of their nature and opportunities for management is proposed.

Keywords: process, technology, production, system modeling .

ВЪВЕДЕНИЕ.

Изучаването на историята на науката показва, че човечеството съзнателно или не в периода на своето еволюционно развитие се стреми да подчини природата за задоволяване на своите лични и обществени нужди. Създаването на всеки желан за човека продукт е възможно единствено при наличие на технология. Практическото изпълнение на технологията е възможно само при наличие на определена среда, осигуряваща необходимите условия, ресурси и енергия за протичане на процеса.

В началото поради относително малкия дял на процесите, които е познавал, относително ниското ниво на „познанието” им и сравнително хуманитарната технология, човекът не е бил в състояние или изключително ограничено е въздействал върху природата.

Драстичното увеличаване на производителността на съвременните технологии и постоянното развитие на формите на организация на производствените общества, задоволяването на постоянно растящите нужди на човечеството, довеждат до значително потребление на природни ресурси необходими за производството и експлоатацията на ползваните в нашия бит продукти [5].

Жестоката конкуренция изисква постигането на постоянно намаляване на издръжката на реализираните процеси, позволяващи производството на продукти с по-ниска стойност и при логично по рационално използване на природни ресурси. Ограничеността на природните ресурси, достигнатата глобализация на икономиката, необходимостта от постоянно подобряване на конкурентноспособността, налага желанието за постигането на ефективно и ефикасно

управление на процесите. Необходимостта от постоянно подобрене изисква да преосмислим използваните концепции при класификацията на процесите, с цел да определим възможностите за тяхното устойчиво развитие [8].

ТЕХНОЛОГИЯ. ПРОЦЕС. УПРАВЛЕНИЕ.**Съвременни концепции за понятията.****Технология.**

Технологията може да бъде дефинирана, като приложение на науката за осигуряване на обществото и неговите членове с нещата, които са му необходими или желани [4]. Технологията се отразява на всекидневния ни живот, директно и индиректно. Всичко, което ни заобикаля съществува в следствие на технологията. Даже начина на нашето общуване се определя от нея. Технологията, по-своята същност, е знание и умение да осъществяваме желани и повторяеми преобразувания за създаването на конкретен обект. Реализирането на какъвто и да е процес е невъзможно без да разполагаме с технология за неговото осъществяване.

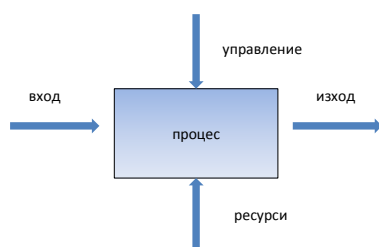
Технологията влияе съществено върху развитието и състоянието на обществото. Към момента, технологията е елемент от международната политика. От своя страна международната политика е един от факторите за реализиране на технологичната промяна. В единство, те конституират комплексна социо-техническа система, чиято същност е политическа. Изучаването на това взаимодействие дава възможности за разбиране на вътрешната връзка в процеса на трансформация на междудържавните отношения [2].

Технологията, може да бъде разглеждана като клон на знанието, включващо изучаването на техники, практики или дейности. Oxford English Dictionary определя

технология твърде педантично, като: „study or use of the mechanical arts and applied sciences”. Предполага се че под понятието „занаятчийско изкуство“ се разбират методи, практики и приспособления, които се използват за постигане на функцията на нещата [7].

Процес.

Общо приетото определение за процеси е: „course of actions or proceeding” или „series of stages in manufacture” [3]. Към момента, актуално в професионалната сфера на управленческите науки е определението „свкупност от взаимосвързани и взаимодействащи си дейности, които превръщат входните елементи в изходни елементи“ [1].



Фиг. 1. Процес

Всяка дейност или свкупност от дейности, която използва ресурси, за да превърне входните елементи в изходни елементи, може да бъде определена като процес. На фиг. 1 е представен схематичното възприетия актуален модел на процес.

Всички разгледани определения се възприемат в контекста на областта на човешката дейност. В действителност, процеси съществуват в природата и без нашето участие. Те е възможно да създават неща, необходими или не за нашето съществуване. Нещо повече, ние с нашата дейност предизвикваме процеси, върху които нямаме никаква възможност да въздействаме. Логично е да си зададем въпроса: „Каква е взаимодействието между понятията „процес“ и „технология“?”. Ако анализираме внимателно същността на понятията и тяхната връзка, можем да направим следните три твърдения. Първо, процесите съществуват в природата, сами по себе си, независимо дали човекът участва или не в тях. Второ, технологията е израз (отражение) на знанията на човека за същността на определени

съществуващи в природата процеси. Трето, възможността да се реализира в действителност конкретна технология, по инициатива на човека, доказва адекватността на тези знания.

Тези три твърдения определят и възможните отношения на човека към процеса.

1. В случаите, когато човечеството няма необходимите познания (наблюдения, хипотеза, модел, теория и закон) за конкретни природни процеси, то няма възможност да създаде технология за реализиране на желано преобразуване. Тези процеси протичат в природата без участието на човека и нормалното поведение на човека е да ги наблюдава и изучава.
2. В случаите, когато човечеството разполага с достатъчно наблюдения, потвърждаващи конкретна хипотеза, модел, теория или закон, чрез които е възможно да прогнозираме преобразуването, е възможно да твърдим, че разполагаме с технология. Не винаги човек е в състояние да реализира определена технология. В някои от случаите ограниченията произтичат от възможностите на човечеството, а от други от незаинтересованост към потенциалните продукти на технологията.
3. Реализирането на технологията е възможно, ако то е желано или необходимо за обществото и когато е възможно да осигурим преобразованието с всички необходими за неговото протичане елементи (ресурси, суровини, машини, енергия, условия за протичане на процеса, квалификация на човешкия фактор реализиращ преобразуването, управление и др.)

Управление.

Напълно логично определенията за терминът управление се отличават в различните направления в науката. В техническата сфера, „управлението е функция на организирани системи, възникнали по естествен (еволюционен) или изкуствен (креативен) начин. Най-общите функции на управлението са: поддържане и оптимизация на системните характеристики, съзнателно въздействие на вътрешните и външните (по отношение на системата) процеси, създаване

на разнообразие, целеполагане, регулиране и отчет. При реалните производствени системи, управлението е свързано с получаването на информация за обекта на управление спрямо всички свойствени за него степени за свобода, смущения, въздействащи на обекти и прилагането на подходящи цели за управление. Основните аспекти подлежащи на управление са свързани с възможността да придобиваме информация и я използваме за постигане на целите на управлявания процес.

Управлението е невъзможно без информация. Познанието за определена технология предопределя възможността за ефективно и ефикасно управление на процеса реализиран с помощта на конкретната технология. Ето защо е пределно интересно да се опитаме да реализираме възможностите за управление на процеса спрямо информацията, която имаме за него.

Класификация на технологията. Информационен аспект.

Реализирането на един процес по същество осъществява трансформация по отношение на три основни направления: трансформация на входа в изход (продуктов аспект), трансформация на използваните ресурси (ресурсен аспект) и възможност за изучаване на процеса чрез натрупване и трансформация на информацията (информационен аспект).

Реализирането на всеки един процес изисква използването на определена информация с цел постигане на желаното преобразование. Информационният модел на процеса, ни дава различни възможности за управление. Информацията е свързана с нивото на познание на процеса и нивото на знания на субекта управляващ процеса. Тези основни два аспекта характеризират възможността да управляваме процеса и възможността да го подчиняваме на интересите на субекта - инициатор на процеса [2].

Ако се опитаме да класифицираме етапите на развитие на технологичния процес от гледна точка на информационния аспект, можем да разграничим следните стадии на развитие:

Стадий 0. Обектът съществува в природата. Нямаме информация за ресурсите необходими за създаването на обекта. Няма информация за

условията при които протича процеса, който го създава. Субектът няма възможност да го инициира по собствена инициатива. Процесът се осъществява по съществуващи природни закони, неизвестни на субекта. Субекта използва за задоволяване на своите потребности наличните в природата обекти.

Стадий 1. Разполагаме с информация с определено ниво на достоверност за входните ресурси необходими за създаването на обекта. Нямаме информация за условията при които протича процеса. Субекта няма възможност да инициира процеса по собствена инициатива. Обикновено на този етап усилията на субекта са ориентирани към изучаването на процеса на преобразуване на ресурсите в желания обект.

Стадий 2. Разполагаме с информация с определено ниво на достоверност за входните ресурси необходими за създаването на обекта и условията при които протича процеса. Субекта няма възможност да инициира процеса по собствена инициатива. Обикновено на този етап усилията на субекта към задълбочаване на разбирането за процеса и постигане на компетентност за реализирането му по негова инициатива.

Стадий 3. Разполагаме с информация с определено ниво на достоверност за входните ресурси необходими за създаването на обекта и условията, при които протича процеса. Субекта има възможност да инициира процеса по собствена инициатива. Резултатите са непостоянни. Обикновено на този етап усилията на субекта към подобряване на възможността за управление на процеса, най често чрез моделиране на ниво кибернетичен модел.

Стадий 4. Разполагаме с информация с високо ниво на достоверност за входните ресурси необходими за създаването на обекта и условията, при които протича процеса. Субекта има възможност да инициира процеса по собствена инициатива. Субекта има познание за влиянието върху резултатите от процеса при различно състояние на входните ресурси. Обикновено на този етап усилията на субекта са насочени към подобряване на възможността за управление на процеса, чрез подобряване на разбирането на процеса (хипотеза, модел, закон) и

постигане на управляемост на определени качества на обекта.

Стадий 5. Разполагаме с познания за влиянието на входните ресурси и условията при които протича процеса върху самия процес на преобразуване. Съществува формален модел на процеса, основан на определено научно разбиране за неговото протичане. Субекта е в състояние да инициира процес по собствено желание и управлява значими за параметри на създавания обект. Промяната на процеса е възможна след оценката на създадения от процеса на обект (“off-line”). Обикновено, усилията на субекта са ориентирани към постигане на управление параметрите на обекта по време на изпълнение на процеса (“on-line”).

Стадий 6. Процесът изпълнява всички изисквания за ниво 5. Субекта е в състояние да инициира процес по собствено желание и управлява значими параметри за обекта по време на създаващия го процес (“on-line”). Обикновено, усилията на субекта са насочени към постигане на ефективност и ефикасност по критерии съответстващи на ценностната системата на системата от процеси, интегрираща конкретния процес.

Стадий 7. Процеса изпълнява всички изисквания за стадий 6. Субекта е в състояние да управлява ефективността и ефикасността при постигане на ценности на системата, в която е интегриран процеса. Оценката за ефективност и ефикасност е възможно да се реализира след завършване на работния цикъл на процеса. Усилията на субекта са насочени към постигане на управление на ефективността и ефикасността в реално време.

Стадий 8. Процесът изпълнява всички изисквания за стадий 7. Субекта е в състояние да управлява ефективността и ефикасността на процеса, по критерии съответстващи на ценностите на системата от процеси интегрираща конкретния процес. Усилията на субекта са насочени към качествена промяна на процеса създаващ продукта.

Влияние на стadiите на процесите върху управлението на процесите.

Различните стадии, съответстват различните нива на познание на процесите.

Субектът по чиято инициатива се възпроизвежда процеса създаващ желания обект има възможности за управление, съответстващи на стadiите на развитие. Нещо повече, възможностите за управление определят резултатите от получавания процес.

ИЗВОДИ

1. Предложен е нов подход за класификация на процесите създаващи необходими за обществото продукти, съответстващи на нивото на познание на технологията по която се изпълняват.
2. Предложената класификация определя компетентността на процеса и е възможно да послужи за определяне на неговата готовност, в зависимост от целите на неговото приложение.
3. Предложената класификация е възможно да помогне при определяне на инструментите приложими за поддържане, управление и подобряване на процесите, в съответствие с нивото на познание.

REFERENCE

- [1]. БДС EN ISO 9000, Системи за управление на качеството. Основни принципи. Речник., БИС 2007.
- [2]. Джамшид Гараедаги, „Системное мышление“, Минск, „Гравцов Букс“, 2010.
- [3]. Розенталь П., Макадамс Х., “Поиск новых технологических процессов”, Мир, Москва, Труды ASME, 1964 год, кн.1, стр.63-67.
- [4]. Groover M. P., “Fundamentals Of Modern Manufacturing. Materials, Processes and Systems”, John Wiley & Sons Inc., USA, 2007, ISBN -13 978-0-471-74485-6, ISBN-10 0-471-74485-9, p. 3.
- [5]. Herrera, Geoffrey L., „Technology and international transformation : the railroad, the atom bomb, and the politics of technological change“, Published by State University of New York Press, USA, 2006, ISBN-13: 978-0-7914-6867-8, p. 3.
- [6]. Hoyle, D.; “ISO 9000 Quality Systems Handbook”; Elsevier Butterworth-Haneman, Oxford, MA, USA, Fourth edition 2005.
- [7]. Little Oxford Dictionary, Oxford University Press, Sixth edition, 1990.
- [8]. Peach, R.W.; “The ISO9000 Handbook”, Third Edition, McGraw-Hill, 1997

За контакти:

доц. Кирил Я. Киров, катедра TMMM
тел.052383690; e-mail: kirov@tu-varna.bg

РАЗВИТИЕ, ХАРАКТЕРИСТИКИ И КРИТЕРИИ ПРИ ИЗБОР НА GPS НАВИГАТОР**Милена Николова, Атанаска Боева****Abstract:** This report was developed criterion when choosing a GPS navigator - innovative and relevant today.**Keywords:** E-commerce, GPS navigator, GPS system, comparison, shipping transport, precision agriculture**I. ВЪВЕДЕНИЕ**

Навигационните технологии в днешно време се развиват все по-бързо, а заедно с тях се увеличава и разнообразието от устройства, предназначени да улеснят максимално ориентирането ни в непозната местност, град или държава. Все повече хора използват GPS устройства в света, Правилният избор на подходящо за нуждите ни устройство е ключов момент преди да го закупим. GPS – устройствата имат достойно място в различни отрасли на транспорта и икономиката, сред които и селското стопанство по-конкретно в сектор растениевъдство.

Цел на настоящото изследване е как да направи правилен избор на подходящо за нуждите ни устройство.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ**1. Технически характеристики и принцип на работа на GPS.**

GPS (Global Positioning System) е името на американската спътникова радионавигационна система за определяне на положението, скоростта и времето (с точност до 1ns) във всяка точка на земното кълбо и в околоразмисна орбита?.

Принципът на работа на GPS се базира на метода „трилатерация“, чрез който позицията на една точка се определя като пресечна точка на три сфери [5] с известен радиус и известни координати на центрите им. В контекста на GPS всеки спътник може да се определи като център на сфера с координати позицията на спътника в пространството и радиус - разстоянието от спътника до приемника, който се намира върху земната повърхност. За да се изчисли положението на един приемник, то той трябва да разполага с разстоянието до спътниците и техните точни координати. Разстоянието от

всеки спътник до потребителя се пресмята като времето, за което сигналят изминава разстоянието от спътника до приемника, се умножи по скоростта на разпространение на радиовълните, а тя е равна на абсолютната скорост на движение на светлината. Времето, за което сигналят от спътника достига до потребителя, е разликата във времето на приемане и на изпращане на сигнала. Позицията на всеки приемник с GPS технологията се определя според световния геодезически стандарт (World Geodetic System) установен през 1984, който се обозначава със съкращението WGS84.[6] Тя представлява точка в тримерното пространство на Земята с три координати - географска ширина, географска дължина и надморска височина.

Данните от GPS се влияят от различни източници на грешки, което води до неточни резултати при определянето на координатите на приемника. В идеалния случай системата би трябвало да определя много данните, необходими за изчисление на позицията, но на практика грешката в изчисленияте координати достига от няколко метра до десетки метри. Основните източници на грешки са неточна позиция на спътниците, изоставане на часовниците, промени в скоростта при преминаване на електромагнитните вълни през йоносферата и на отражението на вълните от релефа, който заобикаля приемника, както и умишлени грешки с цел предпазване от установяване на точното местоположение на стратегически военни обекти. Със средствата на компютърното моделиране се въвеждат корекции в изчислителните данни с цел премахване на грешките. След въвеждане на тези корекции получените координати се

визуализират върху вградената електронна географска карта на земята.

Повечето GPS-устройства притежават 12-канален приемник, антена за прием на сигнала от спътниците и процесор за обработка на получената информация. Устройствата според тяхната специализация като се изключи военното дело разбира се, могат най-общо да бъдат разделени главно в три различни групи: за навигация по пътната мрежа на транспортни средства, за използване по „пресечена местност“ - там където няма постоянни пътища отразени на картата, от земеделски машини и такива като допълнителна функция на мобилни дигитални устройства, наречени PDF (Portable Document Format) или PNA (Personal Navigation Assistant).

2. Предимства и недостатъци на GPS приемниците - критерии при избора на GPS навигатор.

Сравнително масово разпространени и широко използвани са т. нар. "GSM мишки" - портативни устройства, които приемат сигнала от сателитите и по жичен (към COM или USB порт) или безжичен (Bluetooth) път ги предават към съответното изчислително и визуализиращо устройство. Главното им предимство е тяхната компактност и възможността им да работят с различни съвместими устройства, като мобилни телефони, PDA, лаптоп или десктоп компютри и разнообразни софтуерни приложения. На практика портативните приемници са съвместими с всички Bluetooth или COM/USB устройства и навигационни програми, които могат да получават и обработват данните от GPS системата. Захранването с електрическа енергия на подобни устройства става чрез жичната връзка или посредством вградена презареждаща се батерия. Сравнително ниската им цена и малкото тегло позволяват те да бъдат достъпен и масов продукт. Друга група, най-многобройна като представители, и по същество най-предпочитаната от потребителите са комбинираните устройства от типа "всичко в едно". Това са мобилните телефони с възможност за навигация и класическите PDA (Palm Digital Adapter) с

вграден или допълнителен GPS приемник. Всички те осигуряват една сравнително добра точност за определяне на местоположението (вероятната грешка е от около 3-5 до 20 m в зависимост от позицията и препятствията), движение по зададен маршрут и т.н. Главното предимство при тях са универсалните възможности за работа с разнообразен софтуер, включително няколко различни програми и различни карти. Други положителни страни на тези устройства са високата мобилност, сензорният екран (при някои) и възможността с тях да се изпълняват много допълнителни функции, като се започне от мобилната връзка, правенето на снимки и видео, четене на книги, слушане на музика и др. Основен недостатък при подобни устройства е потреблението на енергия, респективно времето им за работа в активен режим. Поради тази причина се препоръчва наличието на резервна батерия или възможност за алтернативни начини за зареждане на батерията.

Третият вид GPS навигатори, наречени PNA имат тясно профилирана и в някои отношения по-ограничена функционалност. Предимството при тези устройства е лесната работа с тях, големият дисплей (при повечето модели) и наличието на разнообразни аксесоари в стандартната комплектация. Много често освен GPS функциите тези устройства предлагат и големи мултимедийни възможности (аудио, видео и др.). Основен недостатък на PNA навигаторите е тяхната "обвързаност" към съответен софтуер или продукт на определена компания. При някои от моделите тази пречка може да бъде премахната чрез компетентна интервенция, но това довежда до автоматична загуба на гаранцията. Този тип устройства използват сензорен екран и са подходящи за всеки, който желае едно работещо, готово решение. При избора на PNA устройство трябва да се има предвид фирмата и софтуера, с който работи и разбира се картите, които може да се използват, тяхната детайлност и актуализация.

Традиционните GPS навигатори са най-старите и дълго използвани устройства и за разлика от всички предходни видове с малки изключения имат тясно профилирана

функционалност. Те са с висока точност на позициониране и имат няколкократно по-дълъг режим на активна и пасивна работа, като някои от тях предлагат и допълнителни функции, като (висотомер, компас, вариометър, одомертър, изчисляване на площ и др.). Доброто в случая е, че PNA приемниците са надежден продукт, който е разработен от професионалисти за конкретна задача. В повечето случаи тези устройства работят само със софтуера и картите на една фирма.

3. Особенности на софтуерът на GPS навигаторите.

Софтуерът е неразделна част от функционалността на GPS навигаторите. За радост на българските потребители изоставането в тази насока и пренебрегването на региона доскоро от големите фирми е вече в миналото и в момента може да се намерят множество продукти с прилично качество и възможности. Трудно можем да определим съотношението между българския и чуждестранен софтуер, но родният освен доброто си качество има и една характерна особеност, която е високата степен на защита от нелегално използване и копиране.

Едни от най-масово разпространените чужди програми са популярните Garmin XT (www.garmin.com), TomTom (www.tomtom.com), OziExplorer. (www.ozieplorer.com) и Route66 (www.66.com).

Те са с приятен интерфейс, позволяват да се използват на PDA или Symbian - базирани GSM апарати и са сравнително удобни и прости за употреба. Недостатък при някои от тях е по-ограниченото покритие и недотам високата актуалност на картите им за нашата страна като изключим София и по-големите градове. Като цяло софтуерът и картите на тези програми могат да се използват задоволително за навигация и следване на маршрути, но не бива да им се вярва на 100%. За родния софтуер може да се каже, че по нищо не отстъпва, а в отделни параметри дори превъзхожда чуждестранния. Това са програмите и картите на забележителния проект BGTopoMaps (www.topomaps.info), NAVITEQ - EasyGo (www.naviteq.net), TLS - TeleType Pro (www.tls.bg), картите на Датекс -

Bgmaps (pda.bgmaps.com), и не на последно място Навигационната Карта на България (OFRM - off road карта - forum1.offroad-bulgaria.com) (www.bgroutingmap.com) за съвместими с Garmin/Garmin XT устройства. Повечето от тези програми позволяват съставяне на маршрути и следването им в реално време (навигация) по различни зададени параметри, включват гласови команди, преизчисляване при отклонение, както и триизмерен поглед върху картата за територията на по-големите градове и извънградските зони. Основно предимство на българския софтуер е неговата постоянна актуализация, поддръжката, коригирането на грешки и обновяването, което е особено важно за потребителите.

Често GPS технологията е интегрирана в бордовата развлекателна система на автомобила. Дисплеят е цветен, а в някой от моделите той е чувствителен на допир. По-скъпите устройства имат механизми за разпознаване на гласови команди, което елиминира необходимостта шофьорът да наблюдава дисплея. При преносимите устройства основното е, че лесно и без никакви технически познания потребителите могат да ги използват в едно или друго превозно средство. По-скъпите модели са екипирани с твърд диск и предлагат голямо количество карти. Предлагат се и модели с гласово насочване, както и такива предназначени специално за мотоциклети. Разбира се, за последния случай, предвид спецификата на приложение, те са конструирани да са по-здрави и да комуникират през Bluetooth с говорител, вграден в каската, който служи за гласова навигация.

Бъдещето на съвременните технологии за прецизно земеделие, транспорт и логистика е към въвеждане на повече технологии, в частност системи от сензори, микрочипове и комуникационни устройства, които да събират и предават информация. Чрез използването на GPS, GIS (Geographical Information System) и дистанционни измервания може да се събере информация, необходима за подобряване управлението на процесите за обработка на земята.

4. Сравнение на GPS устройства

Разглеждаме три вида устройства, с 4-ри или 5-инчов сензорен дисплей и опрещионна система Windows CE.



Фиг. 1. Модел Garmin Nuvi 2597 LM

Сензорен екран - ръчно двойно ориентиран, WQVGA цветен TFT с бяла подсветка и мощни навигационни функции. Устройството включва гласово активиране и още подобрения. Слот за MicroSD™ карта – като допълнителна памет. Устройството е снабдено с приемник с 64 канала и Bluetooth. Също така разполага и с фотосензор, с който може да се регулира яркостта и контрастът на дисплея в зависимост от осветеността на околната среда.



Фиг. 2. PRESTIGIO GEOVISION 4120 BT

Управлението на PRESTIGIO GEOVISION 4120 BT (Фиг. 2.) е много опростено, като са премахнати всички излишни екстри от главното меню и по този начин позволява много удобна работа.

PRIVILEG GPS 43 FM (Фиг. 3.) - дисплеят е сравнително чувствителен на допир и е с матово покритие, което намалява значително отблясъците на светлина. Снабден е с 40-канален приемник, има и 2GB Mini SD карта памет.



Фиг. 3. - PRIVILEG GPS 43 FM

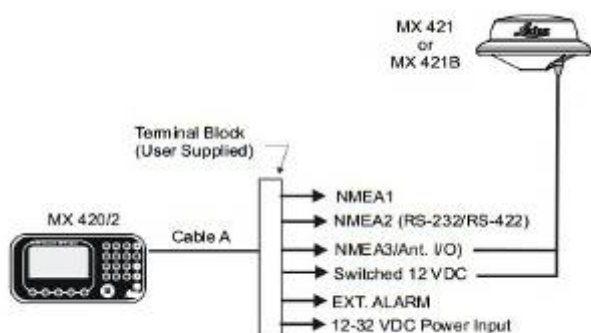
GPS устройството може да се ползва и като мултимедиен плейър, който възпроизвежда аудио и видеофайлове, както и преглед на снимки. Може да се водят бележки на него или да се играят игри също така. Освен стандартното зарядно устройство, към модела се включва и допълнително зарядно устройство. Всичките варианти позволяват добавянето на потребителски точки (Point of Interest - POI). Това е полезно, когато трябва да се запамети дадено място, за да може да се намери лесно след това.

Навигационните GPS навигации в съответствие с техните разновидности и възможности предлагат голям асортимент от избор – в зависимост от Вашите нужди. При избора на PNA устройство трябва да се има предвид фирмата и софтуера, с който работи и разбира се картите, които може да използва, тяхната детайлност, актуализация и т.н.

Ще сравним две PNA устройства в зависимост от характеристиките, които притежават. Те се използват при морския транспорт MX 420/2 и MX 420/8. По едно и също време са отчетени данните подадени от двата вида навигационни системи в Норвегия на пасажерски кораб. При зададени едни и същи координати и местонахождение.



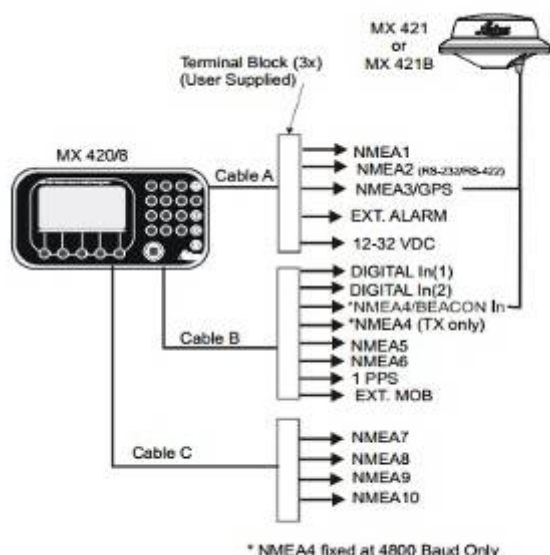
Фиг. 4 - MX- Навигационна система



Фиг.5 - MX 420/2 – Системна конфигурация



Фиг.6 –MX-Навигационна система



Фиг.7 – MX 420/8 – Системна конфигурация

III. ИЗВОДИ

- 1) Навигационните технологии се развиват все по-бързо и навлизат в съвременния живот.
- 2) GPS устройствата улесняват максимално ориентирането ни във все по-глобализация се свят.
- 3) Правилния избор е ключов момент при закупуването на GPS устройство.

Благодарности:

Научните изследвания, представени в настоящата публикация, са извършени по проект НП 30/2014г. в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Ат.Боева, М.Николова. ”Иновативни технологии за повишаване на пътната безопасност с възможност за приложение в прецизното земеделие”. Годишник на ТУ-Варна – 2013г. ,том II, ISSN: 1311-896 X, стр. 98-103
- [2]. <http://blog.sravni.bg>
- [3]. www.pcworld.bg
- [4]. <http://www.mobilebulgaria.com>
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Trilateration>;
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/World_Geodetic_System

За контакти:

ас. Милена Николова Маринова,
Добруджански технологичен колеж в
структурата на ТУ-Варна, гр. Добрич,
кв. „Добротица“ 12,
e-mail: milla33@abv.bg

ПОДХОД ЗА 3D МОДЕЛИРАНЕ НА РЕЗБОВИ СЪЕДИНЕНИЯ В CAD СРЕДА

Александрина Банкова

Abstract: The work presents the methods and sequence of the creation of the separate parts of threaded connections using the automated system design SolidWorks. Process of creating threaded connections is displayed with 3D image in SolidWorks. With the development in the 3D image is reduced during the constructor to create design documentation of an assembled unit.

Key words: 3D image, threaded connections, create, SolidWorks

1. Въведение

Съвременните тенденции породени от навлизането на CAD системите в инженерното проектиране налагат разработване на подходи за моделиране и документиране с оглед ускоряване на процеса на проектиране. Научната и приложна дейност се ориентира в насока на автоматизиране и ускоряване на процеса на проектиране на технически изделия.

Автоматизираното проектиране се осъществява с различни системи по сложност, обхват и области на приложение. Съвременните CAD системи са предназначени за проектиране на елементи, възли, устройства, за разработка на нова и осъвременяване на съществуваща техническа документация. CAD системите имат възможности за създаване на 2D и 3D геометрични модели на проектираните обекти [1].

Solid Works е система за твърдотоно обектно параметрично моделиране (*Feature-based parametric solid modeler*), изградена на база на геометричното моделиращо ядро *Parasolid*. Тя притежава и напълно интегриран повърхнинен моделиер (*Surface modeler*) за генериране натънъкостенни тела с произволна форма. Системата позволява генерирането на различни по форма и размери конфигурации на модела ръчно или чрез използването на дизайн таблици (*Design Table*).

Solid Works притежава вградени транслатори за файлове от следните формати: IGES; STEP; SAT(ACIS); VRML; STL; Parasolid;

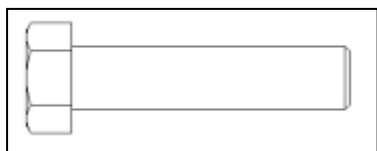
Pro/ENGINEER; Unigraphics; PAR (SolidEdge); MDT; IPT (Inventor); DWG; DXF; VDA-FS; CGR; HCG; Viewpoint; Reality Wave; TIFF; JPG [2].

2. Подход за 3D моделиране на резбови съединения в CAD среда

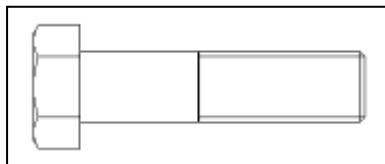
Създаването на един „Подход за 3D моделиране на резбови съединения в CAD среда” в породено от тенденцията за навлизане на CAD системите в инженерното проектиране и необходимостта от систематизиран подход на работа с виртуален модел на инженерното изделие.

Понастоящем все по-широко в обичайната инженерно-конструкторска практика се прилагат методите на автоматизирано проектиране в софтуерна среда позволяваща тримерно моделиране на създаваното изделие. Съвременните софтуерни продукти за компютърно подпомогнато проектиране (CAD), по специално тези с машиностроителна насоченост, предлагат също така повече или по-малко богата библиотека на стандартни детайли или стандартни елементи от геометрията на проектираните машинни детайли.

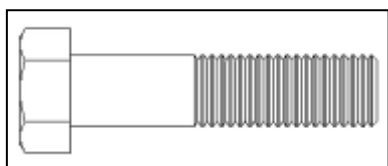
За продукта SolidWorks’2005 тази библиотека е Toolbox, която в частност предлага и готови модели на детайли за стандартни винтови съединения според ISO, DIN, ANSI (metric, inch), BSI и т.н.



Фиг.1 Опростен вид на болта



Фиг.2 „Козметичен” вид на болта

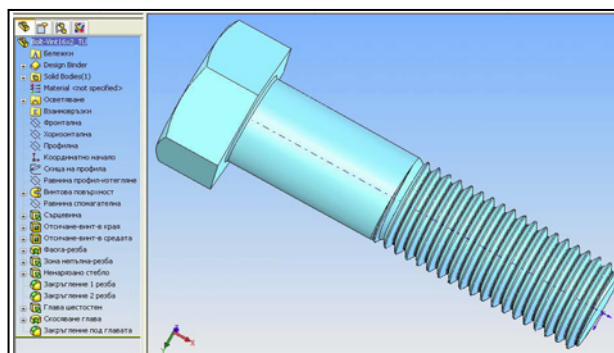


Фиг.3 Схематичен вид на болта

Например опростеният вид на модела на болт (фиг.1) се състои само от стебло и шестостенна глава. Този вид представяне е удобен за прилагане в моделите на сложни сглобени единици. Вторият т.нар. „козметичен” вид (фиг.2) въвежда и означение за резба, което обаче не въздейства на тримерната геометрия на модела. Прилага се при изготвяне и представяне на чертежи (drawings). При третия схематичен вид (фиг.3), тримерната геометрия на резбата се представя чрез многократно линейно повторение (Linear Pattern) на затворен триъгълен прорез върху стеблото на болта – т.е. прорезът не е по винтова линия. Основното предимство на този начин на представяне е размерът на файла за готовия стандартен машинен елемент. Така например за стандартен болт M16 като този от фиг.1 до фиг.3. размерът на файла е от около 200 килобайта.

В редица случаи обаче (примерно при научни изследвания, при нови разработки на винтови детайли, за фирмени презентации, за онагледяване на учебния процес и т.н.) се налага генериране на относително точни модели на тези детайли. По долу тук са изложени основните моменти на методика за коректно моделно представяне на реалната тримерна геометрия на стандартни машинни винтови елементи – болт и гайка.

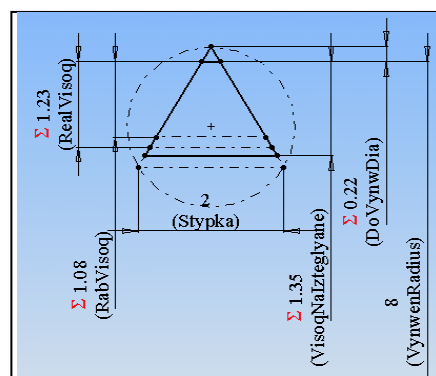
3. Методика за моделно представяне на тримерна геометрия на винтови съединения с програмата Solid Works.



Фиг.4. Тримерен модел на болт M16 x 65 x 38 по ISO 4016

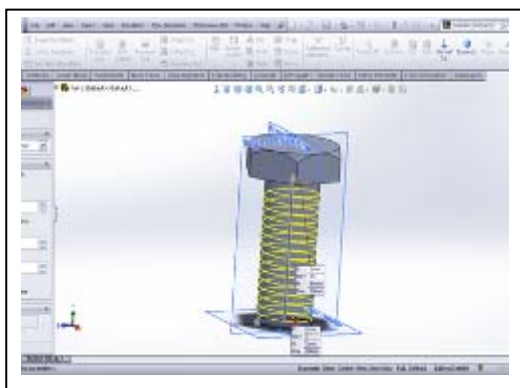
Възможни различни подходи и последователност на генериране на тримерната геометрия на показания болт. В случая се започва със създаване във фронталната проекционна равнина в ляво се виждат стъпки на проектирането на фиг.4 и на фиг. 5 „скица на профила”. Първоначално се задава диаметъра на резбата (*“WynwenRadius@Скица на профила”* = 8 mm) и стъпката *“Stypka@Скица на профила”* = 2 mm чрез математическите взаимовръзки изредени по-долу се определят размерите означени с Σ на фиг.5.

$$\begin{aligned}
 & \text{"DoVynwDia@Скица на профила"} = \\
 & \text{"Stypka@Скица на профила"} * \cos(30) / 8 \\
 & \text{"RabVisoq@Скица на профила"} = \\
 & \text{"Stypka@Скица на профила"} * \cos(30) * 5 / 8 \\
 & \text{"RealVisoq@Скица на профила"} = \\
 & \text{"Stypka@Скица на профила"} * \cos(30) * 17 / 24 \\
 & \text{"VisoqNaIzteglyane@Скица на профила"} = 1.1 \\
 & * \text{"RealVisoq@Скица на профила"}
 \end{aligned}$$



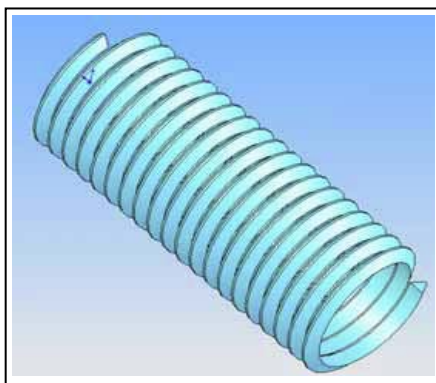
Фиг. 5. Скица на профила

Прилагането на взаимовръзки помага за автоматизиране процеса на генериране на модели на винтови машинни елементи с различни входни параметри на резбата (в случая диаметър и стъпка). След това се генерира винтовата линия (Helix/Spiral1 от фиг.6) по зададена дължина и стъпка. Нататък скицата на профила се проектира в „спомагателна равнина“ (фиг.6) минаваща медицентъра на „скицата на профила“ и перпендикулярна на винтовата линия в този център.

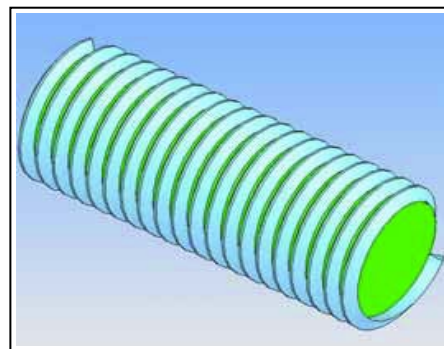


Фиг. 6. Генериране на винтова линия

Чрез използване на техниката „изтегляне на контур по траектория“ (Swept boss/base) се създава първоначалният вид на „винтовата повърхност“ (фиг.4 – стъпки на проектирането) във вид на винтова пружина с триъгълен профил на тела (фиг.6).

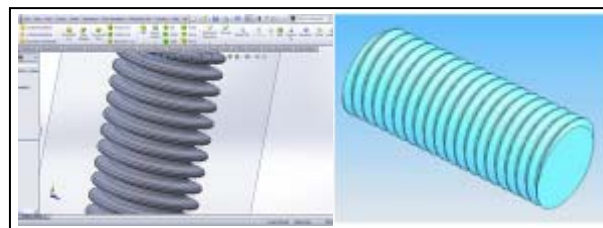


Фиг. 7. Винтовата повърхност



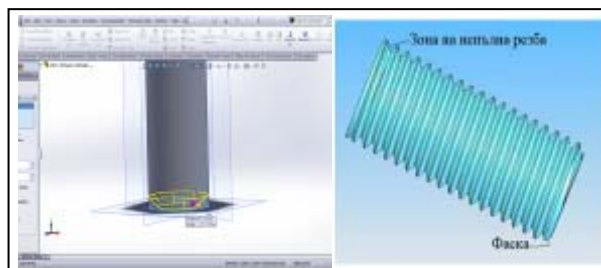
Фиг.8. Въвеждане на сърцевина

Въвежда се цилиндричната „сърцевина“ (фиг.4 – стъпки на проектирането и фиг.8 със зелен цвят) на стеблото вътре във „винтовата повърхност“, а след това се отсичат частите от „винтовата повърхност“, които стърчат извън основите на цилиндъра на „сърцевината“ – фиг.9.

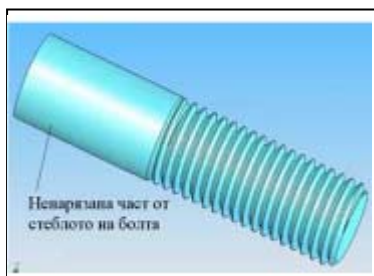


Фиг.9. Отсичане частите от „винтовата повърхност“

Отсичането става чрез елементите „Отсичане-винт-в края“ и „Отсичане-винт - в средата“ с операцията Cut-Extrude. Следва проектирането на фаска на края на болта (с операцията Revolved Cut – фиг.10) и зоната с непълна резба за извеждане на резбонарезния нож (с операцията Extruded Boss/Base with Draft) - това са съответно елементи „Фаска-резба“ и „Зона непълна-резба“. След това се изгражда (с операцията Extruded Boss/Base) ненарязаната с резба част от стеблото на винта (фиг.11).

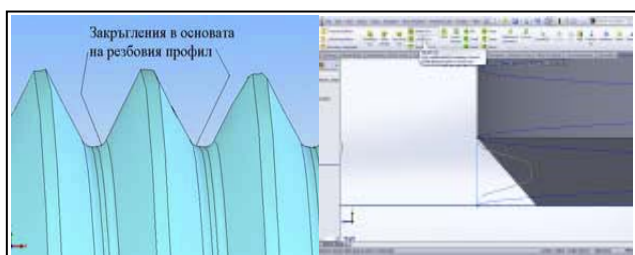


Фиг.12. Фаска в края на болта и зона на непълна резба

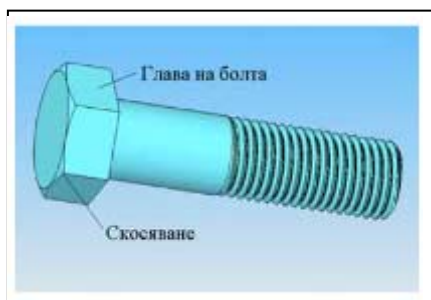


Фиг.13. Ненарязана с резба част от стеблото на болта

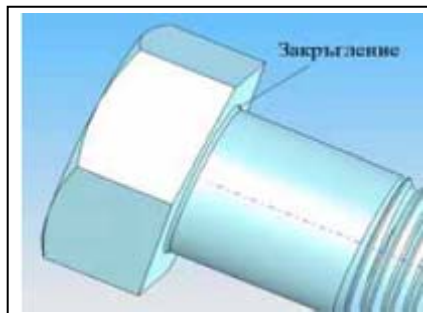
Накрая се правят закръгления (елементите на геометрията „Закръгление 1 резба” и „Закръгление 2 резба” в основата на резбовия профил (фиг.14), главата на болта (елемент „Глава шестостен”) и нейното скосяване (елемент „Скосяване глава”) както е показано на фиг.15, както и закръглението (фиг.16) между ненарязаната част на стеблото и главата на болта.



Фиг.14. Закръгления в основата на резбовия профил



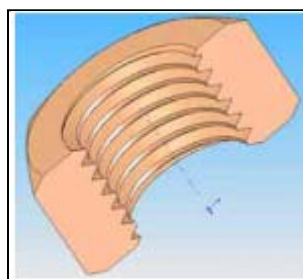
Фиг.15. Скосяване на главата на болта



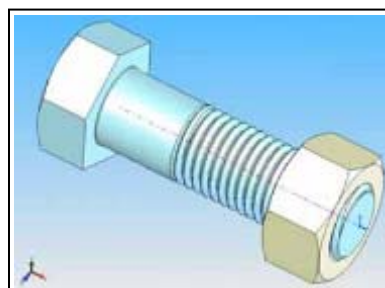
Фиг.16. Закръгление между стебло и глава

По аналогична методика се изгражда и стандартна гайка (фиг.17). Особено при нея е, че при създаването на винтовата повърхност се използва профил на изтегляне по винтовата линия с ъгъл обрънат навътре към оста на винтовата линия, т.е. завъртян на 180° спрямо профила на изтегляне при създаването на модела на болта. От моделите на стандартни болт и гайка, след това се създава сглобена единица.

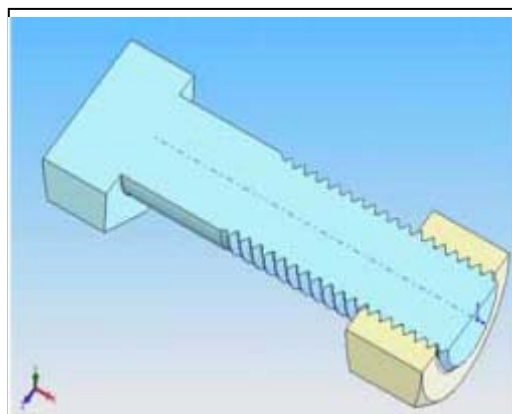
Съчетаването става като се задава съвпадане по осите, по координатното начало и по фронталната проекционна равнина, в която бе генериран профила на резбата. На фиг.18 е показано сглобяването на болт и гайка, а на фиг.19 – същото, но в срязан по оста вид.



Фиг. 17. Вид на гайка в срязана по оста



Фиг.18. Болт и гайка в сглобен вид



Фиг.19. Разрез на сглобката болт-гайка

4. Изводи и заключение

Прилагането на изложената по-горе методика за коректно моделиране на геометрията на стандартни детайли за винтови съединения позволява последващо изследване в посока оптимизиране на тяхната геометрия и/или за проучване, създаване и внедряване на нови типове стандартни и нестандартни детайли за винтови съединения. На базата на методиката би могло да създаде:

1. Софтуерна библиотека от стандартни детайли за винтови съединения за нуждите на проектантски фирмени отдели.
2. Методиката може да се внедри в образователния процес в часовете по курсова задача с CAD продукта SolidWorks за повишаване качеството на обучение.

Литература:

- [1]. Petkova D., P. Nenchev, V. Vasileva. Models and investigation of CADsystems. Journal of MACHINE DESIGN: On the occasion of 47th anniversary of the Faculty of Technical Sciences: 1960-2007, Novi Sad 2007, pp 27-32
- [2]. Николов, С. Моделиране и симулиране работата на обработващи центри в графичната среда на CAD система Solid Works, Дисертация, София, 2004 г. Стр.15-28, 40, 44-50
- [3]. Янакиев, И. “Интегрирана CAD система за компютърно проектиране на автоматични комплекси”, Дисертация, София, 2004 г.
- [4]. Чакърски, Д., Н. Тодоров, Автоматизация на проектирането в машиностроенето С. Техника 1994г. стр.71 – 73
- [5]. SolidWorks Cosmetic Threads. (Draft 1 10/25/06).

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет - Варна

Гл.ас. д-р инж. Александрина Банкова,
e-mail: ina_janakiewa@abv.bg

SPEED OPTIMIZATION OF MATLAB CODES

Hristo Zhivomirov, Todor Vachev, Iva Todorova

Abstract: In the present paper algorithmic and software approaches are discussed, providing speed optimization of the computational process in the execution of Matlab® codes. A major consideration is made on the loop structures, which are an essential source of delay. The statement is supported by examples that give a concrete idea of the used optimization approaches. At the end of the publication the results of the examples execution are summarized by means of tabular and graphic representation of the absolute and relative codes speed up.

Keywords: Matlab, optimization, program code, speed

INTRODUCTION

The modern ways of information and signal processing by means of computers and other microprocessor systems, require that computing process is held in real time. For this reason the computational speed of these systems is one of their most important parameters.

There are two main approaches for enhancing the execution of program codes. The first is hardware improvement, evidence for which is the constant increase of the clock speed of microprocessor systems and an increase in the processed bits per clock. The second approach is to optimize the code itself, by using enhanced algorithms or the specific advantages of the given programming environment. In the present paper the second approach is taken in consideration with Matlab® implementation. Some of the reviewed methods are general to all high-level programming languages, others are specific for Matlab®.

The main source of delay is assumed to be a CPU performance, i.e. the codes is said to be a “CPU-bounded”, so more of the described strategies is in this direction. A good reference about the “memory-bounded” codes is [1].

METHODS FOR OPTIMIZATION

Six optimization methods have been reviewed, each one of them supported by two examples – those with index “a)” show the non-optimized Matlab® code, and those with index “b)” show the optimized one.

1. Memory Preallocation

The first and most commonly used method for optimization, producing significant results is memory preallocation [2, 3, 4]. The avoiding of fragmentation, especially with big arrays of data, leads to a quick access to them, which enhances the execution of the program code. In the Matlab® programming environment there are two commands used for memory preallocation: zeros – to create a matrix filled with zeros and char – to create a string array filled with symbols.

Example 1a:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    a(k) = k^2;
end
```

Example 1b:

```
clear, clc, close all
a = zeros(1, 1000);
for k = 1:1000
    a(k) = k^2;
end
```

2. Vectorization

Significant attention in Matlab® is given to matrices and their one-dimensional version – vectors. The name of the programming environment itself means Matrix Laboratory [5]. Matlab® offers easy-to-use method for vector generation [4, 5]:

```
vector = 1:1:1000;
```

or the linspace function:

```
vector = linspace(1, 1000, 1000);
```

The generation of vectors (vectorization) and matrices with special commands [2, 3, 4], instead of the most commonly used loop-structures results in a significant enhancement of the execution process of the code.

Example 2a:

```
clear, clc, close all
k = 0;
for t = 0:pi/1000:2*pi
    k = k + 1;
    y(k) = sin(t);
end
```

Example 2b:

```
clear, clc, close all
t = 0:pi/1000:2*pi;
y = sin(t);
```

3. Loops exchange

Another way to enhance the execution process is a simple exchange of nested loops [6].

Example 3a:

```
1 clear, clc, close all
2
3 a = [];
4
5 for n = 1:1000
6
7     for k = 1:5
8         a(n, k) = n*k;
9     end
10
11 end
```

Example 3b:

```
1 clear, clc, close all
2
3 a = [];
4
5 for n = 1:5
6
7     for k = 1:1000
8         a(k, n) = n*k;
9     end
10
11 end
```

Here the optimization is achieved thanks to the difference in the number of iterations of some code lines as is shown in Tab. 1. As a rule of thumb, the outer loop should have less iterations than the inner one.

Table 1. Number of iterations (executions) of code lines in examples 3a) and 3b)

Line	Number of iterations	
	Example 3a)	Example 3b)
1	1	1
3	1	1
5	1	1
7	1000	5
8	5000	5000
9	5000	5000
11	1000	5
Total iterations:	12003	10013

4. Extract a constant out of a loop

Another approach is based on the extracting of specific operations outside the body of the loop. This approach does not confine to nested loops (as is shown in the example) but holds true also for single loops. The diversity of the method is the algorithmic optimization, which is based on the full revision of the used algorithm, especially if there are conditional statements and loop structures [6].

Example 4a:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    for n = 1:1000
        a(k, n) = k*5+n;
    end
end
```

Example 4b:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    b = k*5;
    for n = 1:1000
        a(k, n) = b+n;
    end
end
```

5. Exchange of computational operations

It is known that in the computational processes the different mathematical operations

have different priorities [6, 7]. The less priority the operation has, the more time it needs to be executed [8]. Therefore it is preferable to use operations with a higher priority.

Example 5a:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    a(k) = k/10;
end
```

Example 5b:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    a(k) = k*0.1;
end
```

6. Assign a constant into a variable

Additional enhancement of the execution of the program code can be achieved by exchanging all constants with variables [6].

Example 6a:

```
clear, clc, close all
for k = 1:1000
    a(k) = k*1.4142;
end
```

Example 6b:

```
clear, clc, close all
c = 1.4142;
for k = 1:1000
    a(k) = k*c;
end
```

Other techniques for increasing the performance of the Matlab® codes are [3]:

- splitting the large Matlab® scripts into smaller ones in the form of file-functions since they are generally faster;
- avoiding the change of the class or the size of an existing variables since it takes extra time to process;
- using appropriate logical operators like “short-circuit” OR (||) and AND (&&);
- avoiding the execution of large processes in the background while running a program in Matlab®.

One must be aware of the effect of some techniques since they can affect the amount of

used memory or the speed of computation if the code is “memory bounded” [1].

CONCLUSION

The examples have been tested on three different computer configurations and the execution time of every test is reported by the Matlab® commands tic and toc [2, 3] and the Matlab® Profiler [9]. The specifications of the configurations are shown in Table 2. The results from the tests are shown in Tables 3, 4, 5 and Fig. 1.

Due to the differences in the execution time for every example, the tests were performed 5 consecutive times, and the average time for every example is taken. The time of execution of a given code depends on the computer configuration (mainly by the clock speed of the processor). Despite that the coefficient of relative speed-up (in %) gives an opportunity to objectively compare the results.

One can note that the result of example 4 with the first configuration is due to the slow access of the DDR1 RAM memory and 32-bit operation system. Also it must be noted the big difference (ten times) between the execution times of Example 1a) with configuration 1 and 3. This is an evidence for the effect of the hardware acceleration on the speed of computation.

Table 2. Performance specifications of the used computer configurations

Configuration	1	2	3
OS	Windows XP 32 bit	Windows 7 64 bit	Windows 7 64 bit
Processor	AMD Athlon 64 Processor 3000+ 1,81 GHz	AMD Turion II P560 Dual-Core Processor 2,50 GHz	AMD FX-8150 Bulldozer Eight-Core Processor 4,60 GHz
RAM	DDR 1 GB	DDR3 4 GB	DDR3 16 GB
Matlab	R2010b	R2010b	R2010b

Table 3. Time parameters from tests with the shown examples on configuration 1

№	$t_{non-opt}$, ms	t_{opt} , ms	$\Delta t = t_{non-opt} - t_{opt}$, ms	$\frac{\Delta t}{t_{non-opt}} \cdot 100$, %
1	4,5	0,026	4,47	99,4
2	27	0,2	26,8	99,2
3	13,3	3,2	10,1	75,9
4	9010	8881	129	1,43
5	4,1	3,7	0,4	9,7
6	5,1	5	0,1	1,9

Table 4. Time parameters from tests with the shown examples on configuration 2

№	$t_{non-opt}$, ms	t_{opt} , ms	$\Delta t = t_{non-opt} - t_{opt}$, ms	$\frac{\Delta t}{t_{non-opt}} \cdot 100$, %
1	4,2	0,05	4,15	98,8
2	24	0,37	23,63	98,5
3	11,9	4,4	7,5	63
4	2084	1948	136	6,5
5	4,5	4,1	0,4	8,8
6	3,9	3,8	0,1	2,5

Table 5. Time parameters from tests with the shown examples on configuration 3

№	$t_{non-opt}$, ms	t_{opt} , ms	$\Delta t = t_{non-opt} - t_{opt}$, ms	$\frac{\Delta t}{t_{non-opt}} \cdot 100$, %
1	0,45	0,015	0,435	96,67
2	0,95	0,062	0,888	93,47
3	1,85	0,49	1,36	73,51
4	472	406	66	13,98
5	0,43	0,39	0,04	9,3
6	0,42	0,37	0,05	11,91

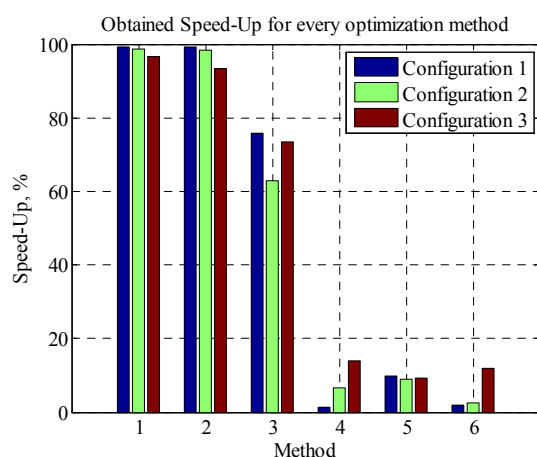


Fig. 1. Graphical representation of obtained speed-up by every optimization method

In conclusion one can say that by using those easily applicable methods a serious enhancement of the execution speed of the codes can be managed. Many of the methods can be used by other programming environments/languages.

REFERENCE

- [1] S. McGarrity. Maximizing Code Performance by Optimizing Memory Access. The MathWorks News & Notes, June 2007.
- [2] P. Getreuer. Writing Fast Matlab Code, <http://www.getreuer.info/tutorials>, 2009.
- [3] Techniques for improving performance, http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/techniques-for-improving-performance.html (Accessed Dec. 2014)
- [4] Vectorization, http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/vectorization.html (Accessed Dec. 2014)
- [5] J. Tonchev. Matlab 7: part I (in Bulgarian). Sofia, Technika, 2007.
- [6] A. Angelov. The Programming – simple and complex (in Bulgarian). Sofia, Technika, 1986.
- [7] H. Warren. Hacker's Delight. Boston, Addison-Wesley, 2012.
- [8] S. Oliveira, D. Stewart. Writing Scientific Software: A Guide to Good Style. Cambridge, Cambridge University Press, 2006.
- [9] Profiling for Improving Performance, http://www.mathworks.com/help/matlab/matlab_prog/profiling-for-improving-performance.html (Accessed Dec. 2014)

Contacts:

Assist. Prof. M.Sc. Eng. Hristo Zhivomirov,
Dept. of Theory of Electrical Engineering
and Measurements,
Technical University-Varna,
Str. Studentska 1,
e-mail: hristo_car@abv.bg;

СЪВРЕМЕННИ ПРИЛОЖЕНИЯ НА ИНДУКЦИОННОТО НАГРЯВАНЕ MODERN APPLICATIONS OF INDUCTION HEATING

Марин Маринов, Бохос Апрахамян, Майк Щреблау

Abstract: In this article will be discussed heat treatment methods achieved by induction heating, such as: hardening, bonding, brazing, welding, normalization and melting. Their modern industrial applications, features and applications.

Keywords: induction heating, induction methods of heat treatment

1. Въведение

Чрез индукционното нагряване се осъществява процес на безконтактна термична обработка на детайли. Ефектът на нагряване се дължи на протичащите в детайла вихрови токове (токове на Фуко), индутирани от магнитно поле създадено от индуктор навит около самия детайла. Според закона на Джаул-Ленц протичащите в детайла токове водят до неговото нагряване [10, 11]. Дълбочината на проникване на магнитното поле в детайла зависи от специфичното му съпротивление, магнитната му проницаемост и честота на захранващото индуктора напрежение. Определя се по следния начин:

$$\Delta = 503 \cdot \sqrt{\frac{\rho}{f \cdot \mu_r}} \quad (1)$$

където:

$\rho, \Omega \cdot m$ – специфично електрическо съпротивление на нагрявания детайл;

μ_r – относителна магнитна проницаемост на нагрявания детайл;

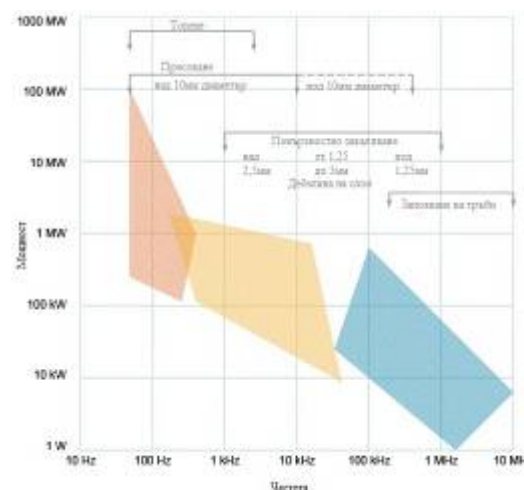
f, Hz – честота на захранващото напрежение.

Индукционното нагряване има две основни направления - обемно и повърхностно нагряване и обхваща широк диапазон от честоти и мощности. Някои от най-разпространените приложения са представени на фиг. 1 и фиг. 2 [10].

Целта на статията е да се представи обзор на методите за индукционно нагряване, техните особености, актуалността и качествата на процеса, както и да послужи за разработване на бъдещ дисертационен проблем.



Фиг. 1. Методи за топлинна обработка с индукционното нагряване.



Фиг. 2. Диапазон на приложение на индукционния метод

2. Области на приложение на индукционното нагряване.

Закаляване:

Предимствата на индукционното закаляване са:

- енергийната ефективност на процеса;

- висока скорост;
- висока прецизност;
- технологично пригоден метод [1, 12].

Индукционното нагряване се използва при закаляването на множество детайли, като - зъбни колела, колянни валове, задвижващи валове, усукани решетки, кобилицы, клапани, свредла за бетон и др. Процесът е представен на фиг.3[1].



Фиг. 3. Процес на закаляване.

Отвърщане:

Предимствата на индукционното отвърщане са - висока скорост и прецизност на процеса. Той е широко използвана технология в автомобилостроенето за редуциране на повърхностните напрежения в закалени компоненти [1, 11]



Фиг.4. Процес на отвърщане.

Запояване

Предимствата на индукционното спояване са скоростта на процеса, прецизността, възможността за контрол над формата и размера на спойките, възможност за осъществяване на спойка между почти всякакъв вид метали, както и фактът че се нагрява само зоната на спойка без да се нарушават свойствата на детайла.

В днешно време тези системи намират доста широко приложение в електротехническата промишленост за бронзиране на генераторни и трансформаторни компоненти: барове, нишки, пръстени, проводници. Използват се също за бронзиране на горивни тръби, както и за спирачни части за автомобилната индустрия. Процесът е представен на фиг. 5 [1, 2, 4].



Фиг.5. Процес на спояване.

Лепене

Индукционно лепене, показано на фиг.6 използва индукционното нагряване за обработка на специални лепила. В зависимост каква част от детайла предварително се нагрява се различават два вида на автоматично лепене – локално и пълно лепене.



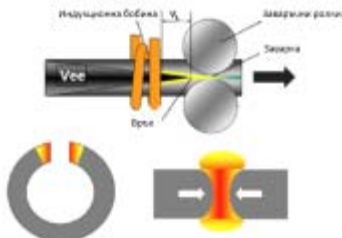
Фиг. 6. Процес на лепене.

Основните предимства на индукционното лепене са [1,2]:

- малките и малко на брой топлинно засегнати зони;
- висока скорост на процеса;
- не е необходимо отвърщане при лепене на стоманени детайли;
- прецизен и лесен контрол над процеса.

Заваряване

Основните предимства на индукционно надлъжно заваряване са - надеждност на процеса; висока пропускателна способност; ниско потребление на енергия; възможност за прецизен контрол; висока скорост; не са необходими заваръчни консумативи.



Фиг. 7. Схематично представяне на процеса на индукционно заваряване

Индукционното заваряване, показано на фиг. 7, се прилага широко в производството, на всякакви видове тръби и тръбопроводи. Използва се също за надлъжно заваряване на неръждаема стомана, алуминий, ниско и високо въглеродна, както и подсилени нисколегирани (HSLA) стомани, и много други електропроводими материали [1,6].

Индукционна нормализация

Основните предимства на индукционната нормализация са:

- надежден и прецизен контрол на температурата;
- лесна интеграция в производствените линии;



Фиг. 8. Процес на нормализация

- удобен метод за третиране на всеки детайл индивидуално за постигане на специфични резултати и систематизиран за контрол изразен в непрекъснато наблюдение и запис на целия процес.

Индукционната нормализация се използва широко в индустрията за производство на всякакъв вид тръби, а също така се среща и при производството на тел, стоманени ленти, ножове и медни тръби. В действителност, индукция е идеална за всички процеси нуждаещи се от нормализация [1,3].

Топене

Предимствата са - висока скорост, прецизност и качество. Когато е правилно извършен процеса е възможно да се пропусне етапа на пречистване, необходим при другите методи.



Фиг. 9. Процес на топене.

На индукционно топене подлежат черни и цветни метали, ядрени материали, както и някои неметали, посредством специални индиректни системи. [1, 7, 8].

Обработка на асфалт

Индукционното нагряване на асфалт е техника, която се състои в нагряване на електропроводими частици, например: стоманени влакна, предварително добавени към асфалтовата смес.

Технологията е значително нова и се провеждат редица експерименти за определяне на ефективността и качеството и [9, 26].



Фиг.10. Индукционно нагряване на асфалт

3. Заключение

В статията бяха разгледани основните приложения на индукционното нагряване и техните съвременни приложения. Имайки предвид областите, в които се прилага индукционното нагряване, неговите предимства, като скорост, контрол и качество на процеса, както и изключително лесното и удобното му внедряване в автоматизирани производствени линии, може да се каже, че индукционното нагряване е актуален и модерен метод за термична обработка с голям потенциал за промишлеността [13, 14, 15].

Предвид всичките му предимства, е изключително удобен да бъде използван като база за сравнение с други такива методи, както и да бъде лесно симулиран чрез програмни продукти [17, 24]. Днес основно се работи върху решаването на различни математически проблеми свързани с индукционното нагряване, търсене на нови негови приложения при единични термични задачи, както и сравнението му с други процеси за загряване на детайли [21,22,25]. Търсят се също начини за подобряване на процесите в индукционното нагряване, подобряване на захранващите източници и употребата на постоянно магнитно поле в нагряването [19,20,23]. Основен проблем е изследването на ефекта, който индукционното нагряване остава по време и след процеса на обработка, както и измененията в детайлите дължащи се на електромагнитната индукция, а от там и качеството на обработката [16,18].

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Induction heating application – EFD Induction, <http://www.efd-induction.com>
- [2]. Hongbo Xu, Myngyu Li, Local Melting and Shape Controlling of Solder Joints via Induction Heating, Journal of Materials Processing Technology, pp.2781–2787, 2009.
- [3]. Revilla C., Lopez B., Carbide Size Refinement by Controlling the Heating Rate During Induction Tempering in a Low Alloy Steel, Materials and Design, vol.62, pp.296–304, 2014.
- [4]. Bojiang Ma, Qian Pang, Jianpeng Lou, Rod-like Brazed Diamond Tool Fabricated by Supersonic-Frequency Induction Brazing with Cu-based Brazing Alloy, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 43, pp 25–29, 2014.
- [5]. J. Otubo, O.D. Rigo, The Effects of Vacuum Induction Melting and Electron Beam Melting Techniques on the Purity of NiTi Shape Memory Alloys, Materials Science and Engineering A 438–440, pp.679–682, 2006.
- [6]. P. Yana, O.E. Gungorb, P. Thibauxb, Tackling the Toughness of Steel Pipes Produced by High Frequency Induction Welding and Heat-Treatment, Materials Science and Engineering A 528, pp.8492– 8499, 2011.
- [7].Mingxiang Chena,,Liulin Yuan, Sheng Liu - Research on Low-Temperature Anodic Bonding Using Induction Heating, Sensors and Actuators A 133, pp.266–269, 2007.
- [8].Bo Yun Jang, Joon Soo Kim,Young Soo Ahn, Induction Melting Process Using Segmented Graphite Crucible for Silicon Melting, Solar Energy Materials & Solar Cells 95, pp.101–106, 2011.
- [9]. Garcia A., Induction Healing of Dense Asphalt Concrete, <http://sciencedirect.com>, 2013.
- [10]. Матвеев А.Н., Электричество и магнетизм, Высш. школа, 1983.
- [11]. Лозинский М. Промышленное применение индукционного нагрева.,СССР, 1948.
- [12]. G.Totten, M.Howes, Handbook of Residual Stress and Deformation of steel.
- [13]. Xiaoxu Zhou, Brian G. Thomas. Alberto Hernandez B., A. Humberto Castillejos, Measuring Heat Transfer During Spray Cooling Using Controlled Induction-Heating Experiments and Computational Models, Applied Mathematical Modelling 37, pp. 3181–3192, 2013.
- [14]. Shuntaro Tsubaki, Kiriyo Oono, Ayumu Onda, Kazumichi Yanagisawa, Jun-ichi Azuma, Comparative Decomposition Kinetics of Neutral Monosaccharides by Microwave and Induction Heating Treatments, Carbohydrate Research 375, pp.1–4, 2013.
- [15]. Hsuan-Liang Lin, Shia-Chung Chen Ming-Chang Jeng, Pham Son Minh Jen-An Chang, Jiun-Ren Hwang, Induction Heating with the Ring Effect for Injection Molding Plates, International Communications in Heat and Mass Transfer 39, pp. 514–522, 2012.
- [16]. Alvaro Garcha , J. Norambuena - Contreras , Manfred N. Partl, Experimental Evaluation of Dense Asphalt Concrete Properties for Induction Heating Purposes, Construction and Building Materials 46, pp.48–54, 2013.
- [17]. Pavel Karban, František Mach, Ivo Doležal , Modeling of rotational induction heating of nonmagnetic cylindrical billets, Applied Mathematics and Computation 219, pp.7170–7180, 2013.
- [18]. Ivo Doležal, Petr Kropik , Bohuš Ulrych, Induction Heating of Thin Metal Plates in Time-Varying External Magnetic Field Solved as Nonlinear Hard-Coupled Problem, Applied

Mathematics and Computation 219, pp.7159–7169, 2013.

[19]. T. Palin-Luc, D. Coupard, C. Dumas, P. Bristiel, Simulation of Multiaxial Fatigue Strength of Steel Component Treated by Surface Induction Hardening and Comparison with Experimental Results, International Journal of Fatigue 33, pp.1040–1047, 2011.

[20]. Daniel Paquet, Jacques Lantaigne, Marie Bernard, Carlo Baillargeon, Characterizing the Effect of Residual Stresses on High Cycle Fatigue (HCF) with Induction Heating Treated Stainless Steel Specimens, International Journal of Fatigue 59, pp.90–101, 2014.

[21]. Y.F. Sun, J.M. Shen, Y. Morisada, H. Fujii, Spot Friction Stir Welding of Low Carbon Steel Plates Preheated by High Frequency Induction, Materials and Design 54, pp.450–457, 2014.

[22]. C. Revilla, B. Lypez, J.M. Rodriguez-Ibabe, Carbide Size Refinement by Controlling the Heating Rate During Induction Tempering in a Low Alloy Steel, Materials and Design 62, pp.296 – 304, 2014.

[23]. T. Iamboliev, S. Valkanov, S. Atanasova, Microstructure Embrittlement of Hard Metal–Steel Joint Obtained Under Induction Heating Diffusion Bonding, Int. Journal of Refractory Metals and Hard Materials 37, pp.90–97, 2013.

[24]. Mohammad Hossein Tavakoli, Hossein Karbaschi, Feridoun Samavat, Influence of Workpiece Height on the Induction Heating Process, Mathematical and Computer Modelling 54, pp. 50–58, 2011.

[25]. P. Yana, O.E. Gungorb, P. Thibauxb, M. Liebeherrb, H.K.D.H. Bhadeshiaa, Tackling the Toughness of Steel Pipes Produced by High Frequency Induction Welding and Heat-Treatment, Materials Science and Engineering A 528, pp. 8492– 8499, 2011.

[26]. Quantao Liu, Shaopeng Wua, Erik Schlangen, Induction Heating of Asphalt Mastic for Crack Control, Construction and Building Materials 41, pp. 345–351, 2013.

За контакти:

инж. Марин Маринов
ТУ-Варна – Ръководител ОУЛ
„Нови енергийни източници“
e-mail: m_t_marinov@tu-varna.bg

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЦИФРОВ КОМУТАЦИОНЕН ТРАКТ EXPERIMENTAL STUDY OF DIGITAL SWITCHING

Тодорка Георгиева

Abstract : In this article, we present the basic ways of expanding and configuring digital networks, creating a switching track and also, the achieved results from various successful scenarios of the research. In present paper analysis of switching within a local area network. Some experimental results are presented: simulation of the built-in LAN network, flow graph of the calls, captured packets, latency of packets and the distribution of the traffic.

Key words: LT, Panasonic, packet, signalizations, traffic.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Информационното общество предоставя възможност за висококачествен обмен на информация между различни точки на глобалната мрежа. Чрез телекомуникационни системи се извършва съхранение, обработка и пренасяне на информацията (говор, данни, образ).

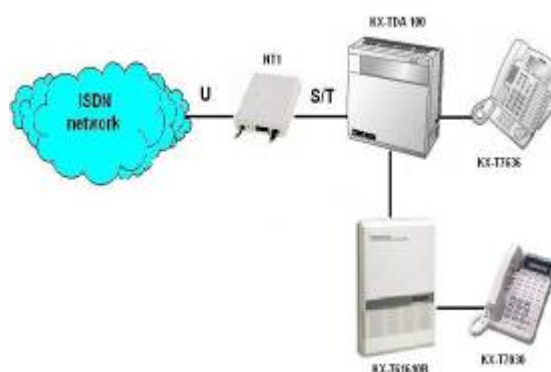
Взаимното проникване на технологиите и нарастващите изисквания за ефективно и съвременно събиране, обработка и разпространение на информацията, води до необходимостта от изграждане на интегрални съобщителни системи и мрежи за пренос на информация.

В настоящата работа са реализирани различни сценарии за тестване на режимите на работа на изграден цифров комутационен тракт [1].

В изследването се наблюдава на практика говор и сигнализация, като за целта се изследват генерирани медийни потоци. Получената информация включва проследяване на генериран външен трафик през външни СО линии и вътрешен (интерком) трафик при реализирани комутационни сценарии.

II. АНАЛИЗ

Експерименталното изследване на функционалността на цифровия комутационен тракт включва комутационните системи Panasonic KXT61610B и Panasonic KXT TDA100 [2] (фиг.1).

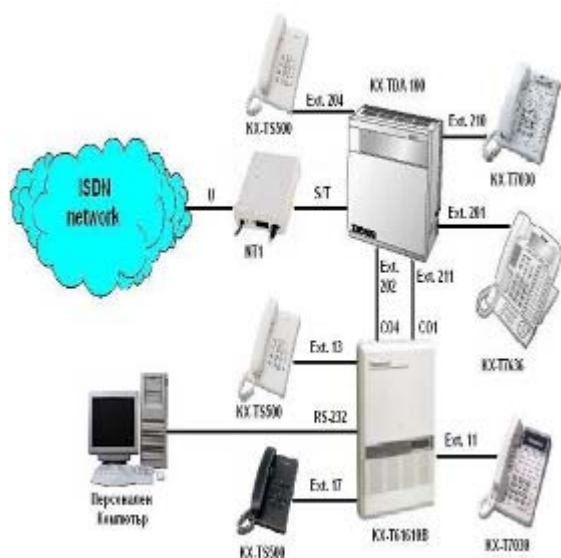


Фиг.1. Реализиран комутационен тракт

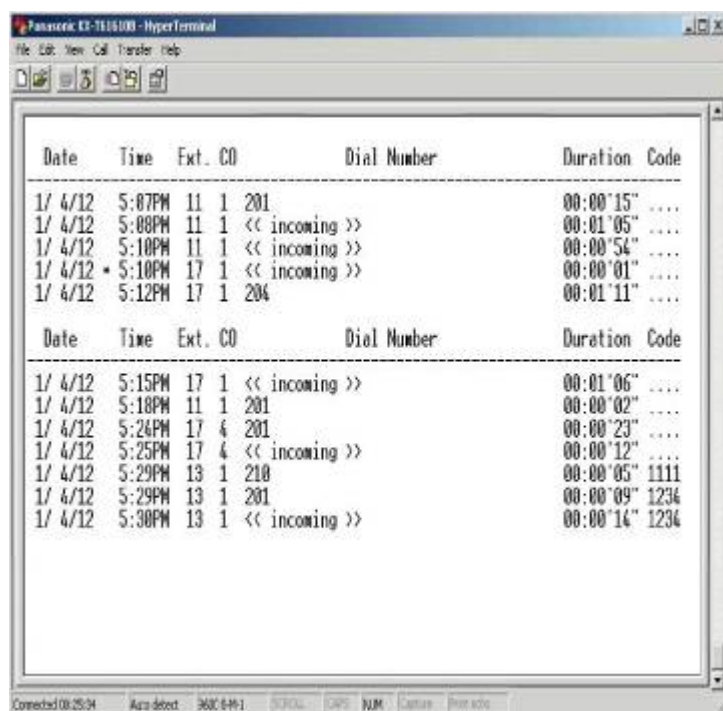
На базата на използвания хардуерен ресурс се извършва проследяване и изследване на генерирания трафик. Извършва се следене на целия (входящ и изходящ) трафик през шест външни СО линии на хибридната телефонна централа. При реализиране на входящо или изходящо повикване през някоя от външните линии се получава пълна информация за извършената комутация.

За експерименталното изследване на реализирания трафик се използва конфигурацията от фиг. 2.

Реализиран е трафик между двете комутационни системи (Panasonic KXT61610B и KXT-TDA100). Резултатите се визуализират в основния прозорец на софтуерното приложение, като се извеждат в текстови формат или в табличен вид (фиг.3.).



Фиг.2. Конфигурация на изследваната система



Фиг.3 Генериран трафик в комутационната система

Комутационната система дава информация за реализирания трафик през всички външни линии. Пренасянето на информацията в текстови файл дава възможност да се води добра хронология, като улеснява разглеждането и редактирането на информацията [3].

В първата колона (Date) се дава информация за датата на засеченото събитие.

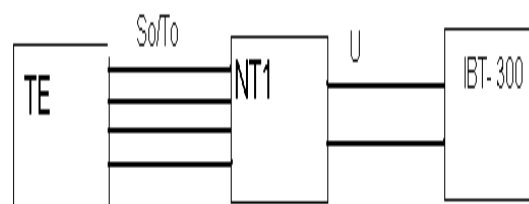
Във втората колона се дава информация за настъпило прехвърляне на обаждането към друг вътрешен абонат.

Dial Number показва набрания външен номер. Когато е настъпило външно повикване към хибридна комутационна система, тя предоставя информация за продължителността на проведения разговор

При изпълнение на правилен програмен алгоритъм, през системен терминал, се осъществява опция за извеждане на пълната програмна конфигурация на комутационната система.

LT – U- режим на симулиране

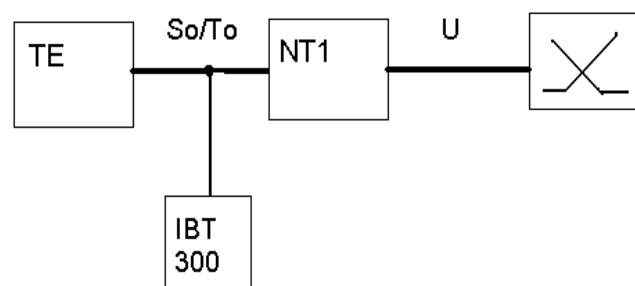
При този режим на работа се извършва заместване на линейния терминатор (LT), като се симулира комутация, осигуряваща мрежовия U интерфейс. Начинът на свързване е показан на Фиг.4.



Фиг.4. Комутация на мрежов U интерфейс

Тази симулация позволява да се изпращат поредици от първоначални тестове със специфичен профил за всеки един от тях. Поредицата се състои от следните тестове: Network availability - функция за установяване на пригодността на мрежата.

Quality (BERT) - тестова функция (Bit Error Ratio Testing), позволяваща да се провери качеството на предаване на една ISDN верига в Слой 1 на мрежовата структура (Фиг.5).



Фиг.5. So/T₀ режим на наблюдение

Извършва се ненаатрапчиво наблюдение на съдържанието на D каналите на U интерфейса [4].

Резултатите се отнасят за изходящо повикване от GSM абонат към разпадащ викан абонат.

```
Nuber  Time stamp  Dir.  TEI  Msg.Type
1  11:01:02.249  N>T  127  SETUP
2  11:01:02.266  N<T  0   SABME
3  11:01:02.283  N>T  0   UA
4  11:01:02.349  N>T  0   CALL.PROC
5  11:01:02.366  N>T  0   RR
6  11:01:02.366  N<T  0   ALERTIG
```

LT-U₂/G.704 simulation

Installation

Interface: LT/NT-S2/T2 (Network simulation)

Impedance: 120 ohm

Protocol: EDSS-1

Type of Nb: Unknown

Nb.Plan: Unknown

CLIR: no action

COLR: no action

AOC: no action

Screening: No

Phone

Address: 302764

Sub-address:

Type of Nb: Network specific

Nb.Plan: ISDN/Tel

Channel: Bx

UUS type: none

Interface: LT-U (Network simulation)

Layer1 line cod: 2B1Q

Impedance: 100 ohm

Protocol: EDSS-1

Type of Nb: Unknown

Nb.Plan: Unknown

CLIR: no action

COLR: no action

AOC: no action

TEI mod: auto TEI

Screening: No

Направените тестове дават възможност за детайлно изследване и откриване на грешки в абонатните интерфейсите за връзка и параметрите на терминалното оборудване. Получените резултати дават добра база за

гарантиране на качеството на услугите (QoS) в изградената система. [4].

III. ИЗВОДИ

Цифровите комутационни системи дават възможност да се интегрира комутационната и преносната техника, управлението и комутацията на централите, а също и елементната база на съобщителната мрежа, което води до редица икономически и технически предимства.

Чрез изследването се разкриват възможностите на хибридните комутационни системи като се оптимизират използваните ресурси.

Системното конфигуриране и проведените изследвания, разкриват потенциалните възможности цифровите комутационен мрежи.

Достига се до заключението, че изследваните комутационни системи са подходяща за учреждения, чиито нужди изискват обслужването на външни линии от различен тип:

- външни линии към градската мрежа
- външни линии към учрежденски централи
- поддръжка на ISDN абонатни линии
- външна линия за факсимилни услуги
- външна линия за пренос на данни.

Благодарение на реализираната комутационната система се постига пълно проследяване и анализ на изходящия трафик.

.

Литература:

- [1] Петкова М., „Цифрови телефонни мрежи”, 2008.
- [2] Panasonic KX-TDA 100, Техническа документация
- [3] Catalogue of ITU-T Recommendations
- [4] KX-TDA Maintenance Console, Програмно приложение

.

За контакти

Технически университет-Варна,
Катедра КТТ, 9010 Варна,
ул. “Студентска”1
тел.:052/383-282,
email:tedi_ng@mail.bg

АНАЛИЗ И ОСОБЕНОСТИ НА СИГУРНОСТТА В ЕЛЕКТРОННИТЕ КОМУНИКАЦИИ

ANALYSIS OF SECURITY IN THE ELECTRONIC COMMUNICATIONS

Борислав Нецов, Тодорка Георгиева

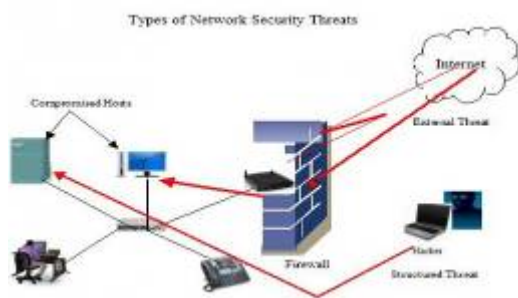
Abstract: Security is important part in constructing and building a communication network. There are many areas that are vulnerable in security and an improvement is needed. Types of malicious software are presented, compared and analyzed in the paper and suggestions of guarding the networks and user data are made.

Keywords: Mobile ad hoc networks, information security, routing.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Сигурността е важна част от проектирането и изграждането на всяка една компютърна мрежа. Хората, занимаващи се с кражба на онлайн информация са отлични програмисти, запознати в детайли с комуникационната техника и нейните недостатъци. Това е предпоставка за създаване и използване на по - добра мрежова сигурност.

Лесен начин за защита на мрежа от външна атака е да се отдели напълно от външният свят. Затворените мрежи предоставят свързаност единствено на сигурни и безопасни лица и обекти, не допускат връзка с публични мрежи. Поради тази причина проектираните по този начин мрежи се считат за сигурни, но опасностите все още съществуват. С развитието на големите отворени мрежи опасностите за сигурността значително се повишават, а инструментите и приложенията за злонамерени атаки се увеличават. [1]



Фиг. 1. Типове мрежови опасности

Опасностите в социални мрежи като Facebook, Twitter и LinkedIn са големи. Те могат да се използват за професионално общуване и търсене на работа, като средство за повишаване приходите от продажби, като средство за усвояване на общността, но също така и за връзка с роднини и приятели. Това създава предпоставки за нежелани опити за хакерски атаки към личните данни на потребителите. Тези заплахи се отнасят и за личните данни предоставени за медицински цели - преглед на резултати и снимки на пациенти и обмяна на лична информация. Злонамерен софтуер и пробив в сигурността на мрежата заплашват и интернет банкирането.

В настоящата работа е направен анализ на проблемите в сигурността в електронните комуникации, видовете заплахи, от които трябва да се страхуваме, както и препоръки и решения отнасящи се към по - безопасното използване на предоставените ни услуги.[1]

II. АНАЛИЗ

Типове злонамерен софтуер

Типовете атаки могат да включват пасивно наблюдение на комуникацията, активни мрежови атаки, близки атаки, неправомерно използване от вътрешни за мрежата лица, атаки чрез доставчика на предоставените услуги. Информационните системи и мрежи предоставят важна и атрактивна информация и трябва да бъдат устойчиви на атаки от всеки тип. Системата трябва да ограничи щетите и да бъде в състояние да се възстанови бързо в случай на атака.[1]

2.1. Пасивна атака

Пасивната атака наблюдава некодирани трафик и следи за текстови пароли и важна информация, която може да се използва в други типове атаки. Тя включва трафичен анализ, наблюдение на незащитена пакетна информация, декриптиране на лошо криптиран трафик и прихващане на поверителна информация.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	192.168.1.100	192.168.1.1	HTTP	GET / HTTP/1.1
2	0.000000	192.168.1.1	192.168.1.100	TCP	65535 → 80 [RST] Seq=1234567890 Win=0 Len=0
3	0.000000	192.168.1.100	192.168.1.1	HTTP	200 OK (text/html)
4	0.000000	192.168.1.1	192.168.1.100	TCP	80 → 65535 [RST] Seq=1234567890 Win=0 Len=0
5	0.000000	192.168.1.100	192.168.1.1	HTTP	404 Not Found

Фиг. 2. Пасивна атака

2.2. Активна атака

При този тип действие, атакуващият се опитва да заобиколи или да влезе в дадена защитена система. Това може да се случи чрез вируси, червеи, или троянски коне, като се прекъснат защитните функции и се въведе зловреден код и се открадне или промени информация. [2]

2.3. Разпределена атака

При този тип атака се изисква зловреден код за вграждане в даден компонент или софтуер, който по - късно ще бъде разпределен и интегриран в много други мрежи и устройства.

2.4. Атака отвътре

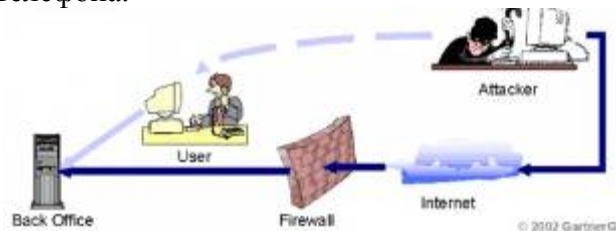
Една вътрешна атака включва някой, например недоволен служител, който атакува мрежата отвътре. Тези атаки могат да бъдат злонамерени или не злонамерени. Злонамерените умишлено подслушване, крадат, или повреждат информация; отказват достъп на потребители до мрежата. Незлонамерени атаки обикновено са резултат от небрежност, липса на знания, или умишлено заобикаляне на сигурността.[2]

2.5. Близка атака

Близка атака включва някой опитващ се да получи физически близък контакт до мрежовите компоненти, данни и системи, за да научи повече за мрежата с цел промяна, събиране, или отказ на достъп до информация.

Често срещана форма на близка атака е социалното инженерство. Нападателят компрометира мрежата или системата чрез

социално взаимодействие с лице, чрез изпращане на електронно съобщение или по телефона.



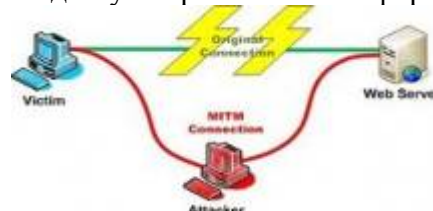
Фиг. 3. Близка атака

2.6. "Phishing" Атака

Тази атака създава фалшив уеб сайт, който изглежда точно като друг популярен сайт, например банка или PayPal. След това се изпраща съобщение по електронна поща в опит да се излъже потребителя чрез натискане върху линк, водещ до фалшивият сайт. Когато потребителят се опита да влезе вътре, данните на профила му се записват.[2]

2.7. Hijack атака (man in the middle)

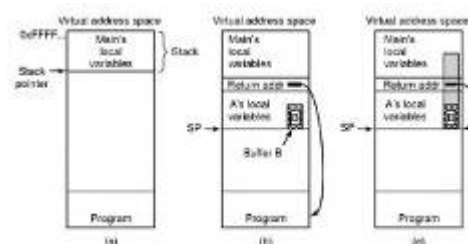
При тази атака, хакерът се включва в комуникация между двама души и изключва единият от съобщението. Другият все още вярва, че разговаря с оригиналната страна и е възможно да му изпрати лична информация.



Фиг. 4. "Man in the middle" атака

2.8. Buffer overflow (Препълване на буфера)

При тази атака атакуващият изпраща повече информация към дадено приложение, отколкото се очаква. Препълването на буфера обикновено води до придобиване на административни права до системата от страна на нападателя.



Фиг. 5. Препълване на буфер

а) работа на основна програма; б) работа на две програми; в) препълване показано в сиво

2.9. Атака чрез експлоатиране на слаби звена в системата

При тази атака, атакуващият знае за проблем в сигурността в дадена операционна система или част от софтуер и се възползва от тази уязвимост.

2.10. Атака чрез декриптиране на пароли

Нападателят се опитва да открие паролите съхранявани в мрежова база от данни или във файл защитен с парола. Съществуват три основни типа атаки: речникова, атака "груба сила", и хибридна атака. Речниковата атака използва списък файл от думи съдържащ списък на потенциалните пароли. При атаката "груба сила" нападателят опитва всяка възможна комбинация от символи.[2]

Препоръки и решения

1. Препоръки и решения към потребителите

- Използване на криптиращи методи

Потребителите трябва да използват пароли с минимална дължина от 8 символа, смяна на големи и малки букви, числа и поне един специален знак. Не трябва да използват думи от речник и думи със сменен само един символ, рождени дати имена от семейството, домашни любимци и имена които могат лесно да бъдат открити. Паролите трябва да бъдат променяни често.

- Инсталиране и поддръжка на антивирусен софтуер

Важна препоръка е използване на антивирусен софтуер с прикрепени инструменти за почистване и прихващане на червеи, троянски коне, прихващане на фалшиви сайтове и др. На един компютър не трябва да бъдат използвани повече от един антивирус с цел избягване на нежелани действия един спрямо друг. Антивирусните програми трябва да са надежни и да бъдат обновявани редовно.

- Използване на защитна стена

Всички компютърни системи трябва да бъдат снабдени със защитна стена, спомагаща на антивирусния софтуер при все още незаразени системи. Защитната стена може да бъде софтуерен продукт или физическо устройство, като основното му свойство е да следи всички влизащи съобщения в системата (от интернет или от локалната мрежа) и по

определен критерий да реши кои от тях са доброжелателни и кои не са.

- Контрол на физическият достъп и ограничаване на достъпа до мрежата

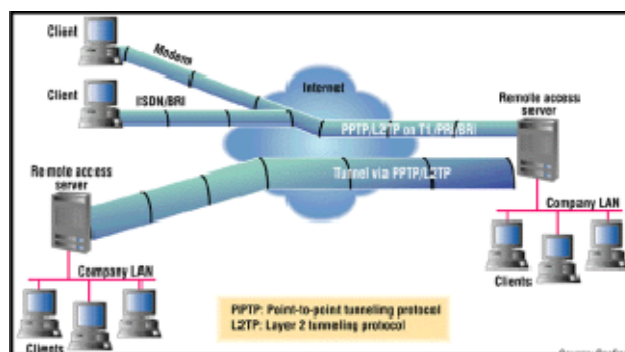
Трябва да бъде въведен контрол както върху физическите устройства за съхранение на информация така и върху мобилните устройства с достъп до мрежата. Необходимо е ограничаване на устройствата в мрежата и самата мрежа до по големи мрежи с неоторизиран достъп или интернет.

- Защита на мобилните устройства

Необходима е защита на мобилните устройства с ценна информация в тях и на мобилните устройства с достъп до мрежи с ценна информация. Тези съоръжения трябва да са защитени с пароли при достъп до тях от неоторизирани лица и обекти.[2]

2. Използване на VPN мрежи

Виртуална частна мрежа или **VPN** (от английски *Virtual Private Network*) е компютърна мрежа, логически изградена чрез криптиране, използваща физическата и програмна инфраструктура на по-голяма обществена мрежа, най-често Интернет. Съществуват 3 основни приложения на виртуалните частни мрежи — прехвърляне на работата (аутсорсинг) по отдалечен достъп, разширени интранет мрежи и разширени екстранет мрежи. Спестяванията, които се постигат със замяната на няколкостотин наети линии с VPN мрежи достигат до 75-80%. Виртуалните частни мрежи обикновено криптират трафика между отделните хостове в Интернет и така допринасят за информационната сигурност на използващите ги организации.[3]

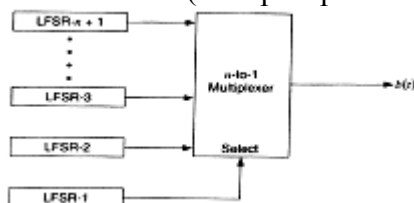


Фиг. 6. VPN мрежа

3. Използване на криптиращи механизми

Едни от най - често използваните методи за защита са линейните преместващи регистри с обратна връзка. LFSR регистрите заемат широко приложение като генератори на псевдослучайни последователности за шифриране на информацията чрез потокови шифри. Често използвани потокови шифри с тези регистри са:

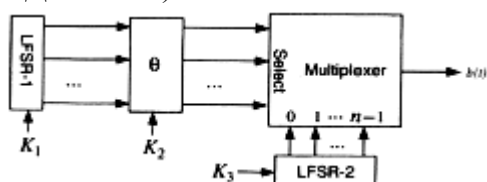
- Geffe Generator (Генератор на Гефи)



Фиг. 7. Генератор на Гефи

Генераторът използва три LFSR регистра, комбинирани нелинейно. Два от регистрите са вход на мултиплексора, а третият контролира изхода му. Периода на генератора е най-малкото общо кратно (НОК) от периодите на трите регистра. Въпреки че генератора изглежда добър на пръв поглед, той е слаб и се поддава на корелационни атаки.

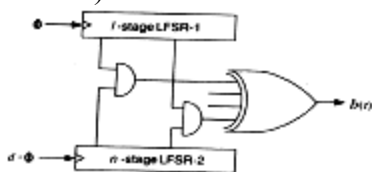
- Jennings Generator (Генератор на Дженингс)



Фиг. 8. Генератор на Дженингс

Схемата използва мултиплексор за да се комбинират два изместващи регистра. Той е контролиран от LFSR-1 и избира един бит от LFSR-2 за всеки изходен бит. Има и функция, която насочва изхода на LFSR-2 към входа на мултиплексора.

- Бърз генератор с вътрешни произведения (Multispeed Inner-Product Generator)



Фиг. 9. Бърз генератор с вътрешни произведения

Предложен от Мейси и Руйпел (Massey & Rueppel), той използва два изместващи

регистра тактувани с две различни скорости. LFSR-2 се тактува 'd' пъти по-бързо от LFSR-1. На отделен бит от всеки от изместващите регистри се прилага логическо умножение (AND) а след това се прилага логическа схема „изключващо или“ (XOR) на други два побитово умножени бита за да получи крайния изходен бит от генератора.

Този генератор има висока линейна сложност и притежава добри статистически характеристики. [4]

III. ИЗВОДИ

Въпреки използваните механизми за защита мрежите за електронни комуникации са уязвими по отношение на сигурността на информацията. Една от причините за това е небрежността на потребителите към личните си данни и несериозното отношение към тяхното опазване. Друга сериозна причина са остарелите методи на криптиране при комуникация. Това дава предпоставка за търсене на нови решения в областта на сигурността и защитата на личните данни.

Използвана литература:

- [1]. S. V. Kartalopoulos, "Security of Information and Communication Networks", 2009.
- [2]. L. Chen, G. Gong. Communication System Security, 2012.
- [3]. Dowd P.W., McHenry, J.T., "Network security: it's time to take it seriously", 2008
- [4] S. V. Kartalopoulos, "Differentiating Data Security and Network Security", 2008

За контакти:

Борислав Нецов
Технически университет - ВАРНА,
кат. „КТТ“, 9010, Варна, ул. "Студентска" № 1
e-mail: sharkiller@abv.bg
e-mail: tedi_ng@mail.bg

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЛИНЕЙНИТЕ МОТОРИ В CNC МАШИНИ APPLICATION OF LINEAR MOTOR IN CNC MACHINES

Борислав Каров, Евстати Лефтеров

Abstract: Today's linear motion applications on CNC machines are more demanding than ever before. Faster throughout, more exact positioning, longer life, less maintenance, fewer moving parts, this list is never ending and every day it increases. Motion control companies strive to meet and exceed these requirements by continual technological advancement and embedding on new technology in CNC machines.

Key words: CNC machines, linear motor.

1. Introduction

Basic linear motion elements rising to the high speed, high accuracy challenge is: linear bearing, linear encoders and linear driven.

Less than a decade ago, it was a difficult task to find a commercially available linear bearing that could travel 5 meters per second with straightness, load capacity and stiffness. Today there are many linear bearings with these attributes and they are fairly cost effective.

Advancements in linear encoder technology allow higher speed operation too. Today's linear encoders and other devices are able to meet this challenge, they are protected from dust, chips and splash fluids and are ideal for operation on machine tools, and cost less. Absolute linear encoders require no previous traverse to provide the current position value. The encoder transmits the absolute value for absolute position.

So with two of the three primary linear motion elements rising to the high speed, high accuracy challenge, the limiting factor is the drive train.

Linear motors provide unique speed, acceleration and positioning performance advantages. Linear motors provide direct-coupled motion and eliminate mechanical transmission devices (Ball Screw).

Linear motors provide the following advantages:

- High repeatability – resolution to 0.1 microns (0.000004 inch) – this makes sure all parts produced are accurate and identical;

- Highly accurate – to 2.5 micron/300 mm (0.0001 inch/ft) – provides precise machine operation for precision parts;

- No backlash – direct drive has no backlash such as with lead screws, gears, etc. this improves the accuracy of the part or operation;

- Faster acceleration – from 1 to over 45 G's – this leads to shortened cycle times and improved productivity;[1]

- Higher velocities – speeds to over 8 meters/sec (300 inches/second) – to position the payload faster; [2]

- Long term reliability – only two parts with only one moving part – this leads to simplicity and improves the applications reliability;

- No wear or maintenance – no contacting parts, thus reducing component friction and wear;

- Ease of installation – linear motors are designed to allow for alignment tolerances. Misalignment produces no degradation of performance.

Due to the advantages of linear motors more companies engaged in the design and manufacture of machine tools embedded linear motors drive axles, removing existing actuators “ball screw – servo motors”.

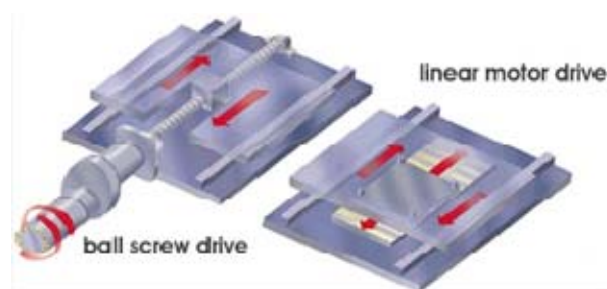


Fig. 1 Scheme of driven by “ball screw-servo motor” and linear motor

2. Companies embeds linear motors in CNC machines

Sodick – Japan [3]:

Utilising the linear motor drive system, *Sodick* die-sinker EDMs and wire-cut EDMs have enabled difficult machining operations that were not possible with conventional ball screw-type EDMs, resulting in the cumulative shipment of more than 31000 units by early 19.06.2012.

The linear motor-driven EDM, eliminates the need for ball screws and allows for non-contact motion. Use of the linear motor removes the deterioration in machining accuracy caused by the worn ball screw assemblies throughout the machine life. The most outstanding features of the *Sodick* in-house developed and manufactured linear motors are high-speed axis motion and quick response, which result from wear-free motion and without the need for old-fashioned ball screws. Conventional drive systems use ball screws to convert the rotational motion of the motor into the linear motion of the axis stroke, leading to the unavoidable deterioration in response of high speed servo motors due to backlash and mechanical lost motion. However linear motors directly provide motion to each axis without converting rotational movements of motor to linear motion.

Sodick's confidence in the performance and accuracy of their machines over a 10 year period allows them to be the only manufacturer to offer a 10 year positioning accuracy guarantee on all their Linear EDM Machines.

Sodick offers a full range Wire EDM machines from small ultra-precise model to XXL size machine. Regardless of size, all series Wire EDM is available with linear motors of the 4 axes and ceramic components as standard to ensure the high performance cutting operations that customers expect from *Sodick*. Linear high wire EDM: AG400L, AG600L; introduced a new linear wire EDM: AQ750L, AQ900L, AQ1200L (large size); VZ300L, VZ500L (small size). The average AG Series is the best-selling range of Wire EDM machines.

Precision die-sinker EDM. The entire range of *Sodick* die-sinker EDM machines are also characterized by linear motors in 3's axes. The best selling range of *Sodick* die-sinker EDM machines "AG series" ensure speed and accuracy, while reducing wear of the electrode: AG40L,

AG60L. Large size die-sinker EDM machines: AG80L, AG80L LST, AG100L. Largest die-sinker EDM machines: AQ15L. Introduced a new linear die-sinker EDM machines: AD30L, AQ45L.

Sodick EDM has developed and high centers that can achieve accuracy at the Nano technology. The linear motor drive precision Wire-cut EDM: AP250L. The linear motor drive precision Die Sinking EDM: AP1L, AP3L.

Hole drilling EDM machines. *Sodick's* K-series range of machines can produce very small wire EDM start holes quickly and efficiently, as well as other small diameter drill holes. The K-series line up features K1C and K3HN, with a wide range of capabilities determined according to the application needs. The K1BL is an easy-to-use micro-hole EDM machine for hole diameters up to 0.08 mm. The high-end hole driller K3BL allows the use of electrodes with diameters of 0.08mm to 3.0mm.

High-speed milling machines. All the *Sodick* high-speed milling range, the "HS series" features linear motor. To complete successfully in today's global market, manufacturers are looking for milling solutions which combine very high accuracy with minimum cycle times. The HS Series satisfies the most demanding application requirements: HS430L, HS650L, HS650L 5-axis.

Studer – Switzerland [4]:

In 2004, *Studer* presents high speed cylindrical grinding machine S12, using the drive axes X and Z linear motors. Speed on axis X and Z: 0.001÷30 000 [mm/min.], resolution 0.00001 [mm].

In 2005, *Studer* presents high speed cylindrical grinding machine S22, using the drive axes X and Z linear motors. Speed on axis X=0.001÷15 000 [mm/min.], resolution 0.00001 [mm]; Z=0.001÷30 000 [mm/min.] resolution 0.00001 [mm]. With conventional drive speed on axis X=0.001÷15 000 [mm/min.], resolution 0.00005 [mm]; Z=0.001÷30 000 [mm/min.] resolution 0.00005 [mm].

DMG (Deckel Maho, Gildemeister) [5]:

DMG has a large range of lathes and milling machines, which begins to embed linear drives one of the models:

CNC vertical lathes machines: CTV 160 linear, CTV 250 linear.

CNC swiss-type automatic lathes machines: SPEED 12|5 linear, SPEED 12|7 linear, SPEED 20|8 linear, SPEED 20|11 linear, SPEED 32|10 linear.

CNC automatic lathes machines: SPRINT 20 linear, SPRINT 32 linear, SPRINT 42 linear, SPRINT 50 linear, SPRINT 65 linear.

CNC multi-spindle turning centers/ multi spindle automatic lathes machines: GMC 20 linear / ISM, GMC 35 linear / ISM, GMC 25 linear / ISM, GMC 42 linear / ISM.

CNC universal milling machines for 5-sided/5-axis machines: DMU 40 eVo linear, DMU 60 eVo linear, DMU 80 eVo linear, DMU 100 eVo linear.

Travelling column milling machines: DMF 180 linear, DMF 260 linear.

High-speed cutting precision centres: HSC 20 linear, HSC 55 linear, HSC 75 linear, HSC 105 linear.

Machining of advanced materials: ULTRASONIC 20 linear.

Laser fine cutting of thin metal sheets: LASERTEC 20 Fine Cutting.

FOOKE – Germany [6]:

FOOKE produces 5-axis gantry milling machines more than 25 years. Since 2003 began using linear motors to drive axles.

Gantry milling machine ENDURA® 600LINEAR. Travers paths: X-axis=5÷10 [m], Y-axis=2.8/3.5 [m], Z-axis=1.2/1.5 [m]; feed rates on axis X=Y=Z=5÷65000 [mm/min]; acceleration up to 3.0 [m/s²].

Compact gantry milling machine ENDURA® 700LINEAR. Travers paths: X-axis=2.2 [m], Y-axis=2.8 [m], Z-axis=1.2 [m]; feed rates on axis X=Y=Z=5÷65000 [mm/min]; acceleration up to 3.5 [m/s²].

Gantry milling machine ENDURA® 900LINEAR. Travers paths: X-axis=2÷20 [m], Y-axis=2÷4 [m], Z-axis=0.8÷3 [m]; feed rates on axis X=Y=Z=5÷65000 [mm/min]; acceleration max. 10 [m/s²]; repeatability on axis X=Y=Z=±0.010 [mm]; position accuracy on axis X=Y=±0.015 [mm], Z=±0.010 [mm].

Travelling column milling machine ENDURA® 1000LINEAR. Travers paths: X-axis=8÷60 [m], Y-axis=2÷5 [m], Z-axis=0.8÷3 [m]; feed rates on axis X=Y=Z=5÷55000 [mm/min]; acceleration max. 5 [m/s²]; repeatability on axis X=Y=Z=±0.015 [mm];

position accuracy on axis X=Y=±0.025 [mm], Z=±0.020 [mm].

Lateral milling machine ENDURA® 1100LINEAR. Travers paths: X-axis=2÷20 [m], Y-axis=0.8÷3.5 [m], Z-axis=0.4÷1.2 [m]; feed rates on axis X=Y=Z=5÷65000 [mm/min]; acceleration max. 10 [m/s²]; repeatability on axis X=Y=Z=±0.010 [mm]; position accuracy on axis X=Y=±0.015 [mm], Z=±0.010 [mm].

Matsuura – Japan [7]:

Matsuura produces 5-axis machining centers. Since 2011 began using linear motors to drive axles.

At the moment proposes 5 milling center, the drive be carried out with linear motors: LX-160, LS-160, LF-160/LV-500, LX1 и LX1500.

Mazak – Japan [8]:

Mazak machining centers producing machine. To be competitive start to use linear motors to drive the axes in some of their machines.

Horizontal Machining Centers: Triple F-660L.

Vertical Machining Centers: HYPERSONIC 1400L, SUPER VELOCITY CENTER 2000L/200-II.

Multi-Tasking Machines: HYPER VARIAXIS 630.

Laser Processing Machines: Hyper Turbo-X 510.

These are some of the manufacturers of machine tools, which commenced in the last 2 ÷ 13 years using linear motors to drive its axis. Worldwide there are more small machinery manufacturers that take advantage of the linear motors up to current conventional driven “ball screw – servo motor”.

3. Manufacturers of linear motors

Due to high demand for linear motors companies engaged in the manufacture of drives included in the assortment, and linear motors: “Fanuc”- Japan [9]; “Etel” - Switzerland [10]; “Tecnotion” – Netherlands [11]; “Siemens” – Germany [12]; “Baldor” – USA [13]; “Aerotech” – USA [14]; “Kollmorgen” – USA [15]; “Hiwin” – Taiwan [16]; “Boschrexroth” – Germany [17]; „Omron” – Japan [18]; “Yaskawa” – USA [19]; “Parker” – USA [20]; “Iko Nippon Thompson” – Japan [21]; “Baumuller” – Germany [22]; „H2W

Technologies” – USA [23]; “Schaeffler Technologies AG & Co” – Germany [24]; “CHIEFTEK PRECISION CO” – Taiwan [25]; “Airex” – USA [26]; “Rockwell Automation” – USA [27]; “PBA Systems” – Singapore [28].

These are not all manufacturers of linear motors in the world, but one of the greatest traditions in the production of machine tool drives.

4. Conclusions

The use of linear motors in machine tools becomes greater. This is due to advantages of linear motor over conventional driven “ball screws – servo motor”.

CNC machines with linear motors are more accurate and faster than the machine driven “ball screw – servo motor” and the ability to provide high-precision processing.

References:

1. <http://www.engcareers.co.uk/engineering-apprentice/case-studies/blinear-motor-or-ballscrew-b/18427/>
2. <http://www.baldor.com/products/>
3. <http://www.sodick.org>
4. <http://www.adgrind.com/studer/studer.htm>
5. <http://www.dmg.com/en>
6. http://www.fooke.eu/core/cms/front_content.php?idcat=293
7. <http://www.matsuura.co.jp/english/contents/products/lx.html>
8. <http://www.mazak.eu/>
9. <http://www.fanuc.co.jp/en/product/servo/index.html>
10. http://www.etel.ch/linear_motors
11. <http://www.tecnotion.com/products.php>
12. <http://www.automation.siemens.com/mcms/mc/en/motors/direct-drives/linear-motor/pages/linear-motor.aspx>
13. <http://www.baldor.com/>
14. <http://www.aerotech.com/product-catalog/motors/linear-motors.aspx>
15. <http://www.kollmorgen.com/en-us/products/motors/direct-drive/direct-drive-linear/>
16. <http://www.hiwin.com/html/linear%20motors/index.html>
17. <http://www.boschrexroth.com/>
18. http://industrial.omron.eu/en/products/catalogue/motion_and_drives/servo_systems/linear_servo_motors/default.html
19. <http://www.yaskawa.com/site/Products.nsf/subGroup/linearservomotors.html>
20. http://www.parkermotion.com/products/Linear_Servo_Motors_30_32_80_567_29.html
21. <http://www.ikont.co.jp/eg/product/mecha/mch10.html>
22. http://www.baumueller.de/e_linear_motor_s_lsa.htm
23. <http://www.h2wtech.com/Pages/DC-Linear-Brush-Motors.aspx>
24. <http://www.schaeffler.de/>
25. <http://www.chieftek.com/product-lm.asp>
26. <http://www.airex.com/>
27. <http://www.rockwellautomation.com/>
28. <http://www.pbasystems.com.sg/home>

Contacts:

9010 Varna, “Studentska” 1 str.
Technical University - Varna

Dipl. Eng., PhD student Borislav Karov
e-mail: karov.borislav@gmail.com

Dipl. Eng., Doctor Evstati Lefterov
e-mail: leftorov@tu-varna.bg

РАЗРАБОТВАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЯ ЗА ПЛАЗМЕНОТО ГАЗОВО ПОВЪРХНОСТНО АЗОТИРАНЕ НА СОНОТРОД ОТ ТИТАНОВА СПЛАВ Ti-6Al-4V С ИНДИРЕКТЕН ПЛАЗМОТРОН

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR SURFACE PLASMA GAS NITRIDING OF TITANIUM ALLOY Ti-6Al-4V SONOTRODE USING INDIRECT PLASMA TORCH

Христо К. Скулев

Abstract: This report presents a study related to surface gas nitriding of titanium alloy Ti - 6Al - 4V sonotrode, using indirect plasma torch. The roughness and microhardness important factors for the quality and efficiency of sonotrode are investigate.

Keywords: plasma gas nitriding titanium, sonotrode, titanium alloys

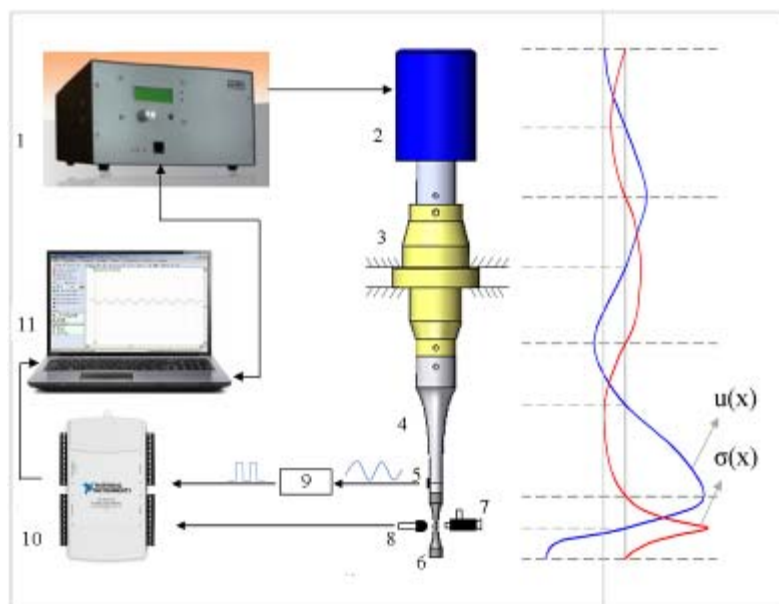
I. ВЪВЕДЕНИЕ

В настоящото изследване са представени принципа на работа, устройството и технологията на изработка на сонотрод към стенд за ултразвуково резонансно изпитване на умора при честота 20kHz.

Изработването на сонотрода е в резултат от реализирането на проект ДМУ03/98 от 2011г. на тема: „Изследване якостта на нови синтеровани материали с приложение в автомобилната промишленост при циклично натоварване“ финансиран от Фонд “Научни изследвания” по програма “Млади учени”.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

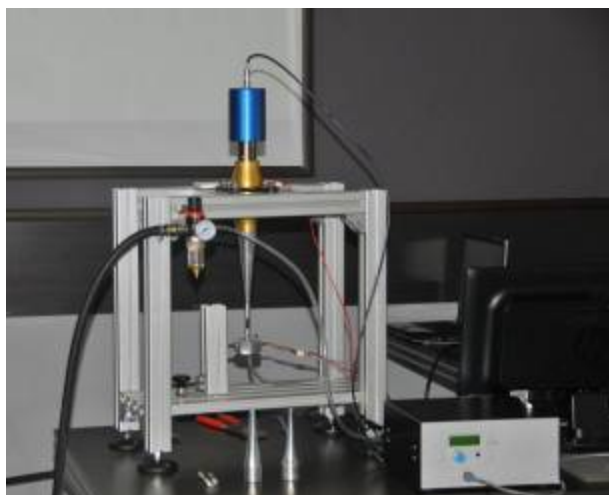
Схема на разработеният стенд е показана на фиг.1. Принципът на действие е следният: Генераторът (1) подава синусоиден ел. сигнал (max 1000V RMS) с необходимата честота на пиезокерамичният преобразувател (трансдюсер) (2), който превръща сигнала в механични вибрации (max 20μm p-p). Бустерът (3) е опционален елемент. Неговата функция е да осигурява здраво закрепване на системата за фундамента и поради това се проектира с фланец във възела така че закрепването да не



Фиг.1. Схема на стенд за изпитване на умора
разработен в ТУ-Варна

1.Генератор 1kW (MPInterconsulting-Switzerland); 2.Пиезокерамичен конвертор (MPInterconsulting-Switzerland); 3.Бустер 1:1.5(MPInterconsulting-Switzerland); 4.Сонотрод; 5.PVDF сензор; 6.Тестов образец; 7.Вълнова тръба; 8.IR термометър; 9.Компаратор; 10 АЦП; 11.Компютър.

натоварва ултразвуковата система. При разлика във входящия и изходящия диаметър бустерът може да усилва/намаля амплитудата на вибрациите. Сонотродът (4), наричан още вълновод или концентратор, е задължителен елемент. Изработва се с променливо напречно сечение, за да концентрира ултразвуковата енергия и усилва амплитудата на механичните вибрации. Образецът (5) се проектира симетричен, така че средното му сечение да е възел на преместване, съответно в него да възниква максимално напрежение. Всички елементи са проектирани, така че да работят в еластичната област т.е. връзката между амплитудата на вибрациите и напреженията в отделните елементи е линейна.

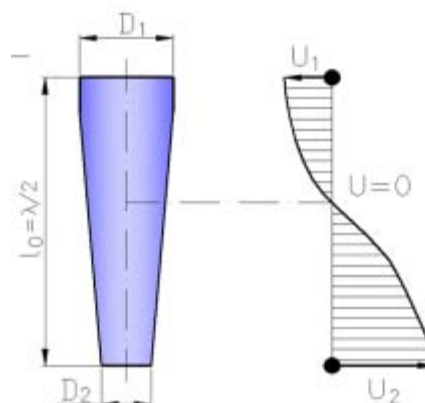


Фиг.2. Стенд за ултразвуково резонансно изпитване на умора при честота 20kHz

Сонотродът е уникален за всяко приложение елемент. За осигуряване на възможности за изпитване на голям набор от материали с различна якост за стенда са необходими няколко сонотрода. Проектирането и изработката на сонотроди и беше задача решавана от колектива на ТУ-

Варна работещ по проекта.

Дължината на сонотрода най-често е равна на половината от дължината на звуковата вълна ($L_0 = \lambda/2$). Ако е изпълнено условието $D \leq L_0/4$ сонотрода може да се приеме за строен елемент и пресмятанията може да се опростят до 1D задача, като се пренебрегне влиянието на напречните вълни т.е. напречните сечения остават равнинни и се преместват само в надлъжно направление (коефициента на Поасон на материала е равен на нула) [4].



Фиг.3. Амплитуда на надлъжните вибрации в сонотрод с дължина $l_0 = \lambda/2$ при резонансна честота

Разпределението на амплитудата на надлъжните вибрации в отделните сечения на $\lambda/2$ сонотрод работещ в резонансен режим е показано на фиг.3.

Проектирането на сонотрода се извършва в следната последователност:

- избор на работна честота;
- премятане на необходим коефициент на усилване;
- избор на материал и технология за изработване;
- определяне на еластичните и физични константи на материала;
- избор на форма;

Табл.1. Свойства на сплави подходящи за изработка на сонотроди

Материал	Плътност	Модул на Юнг	Коеф. на Поасон	Скорост на надлъжна вълна (1D)	Акустично съпротивление	Якост на умора*	Твърдост
	ρ [kg/m ³]	E , [GPa]	ν	$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$, $\frac{m}{s}$	$Z = \sqrt{\rho \cdot c}$	$\sigma-1$, [MPa]	HV
Ti-6Al-4V	4430	113.8	0.341	5068	4738	300-510	340-360

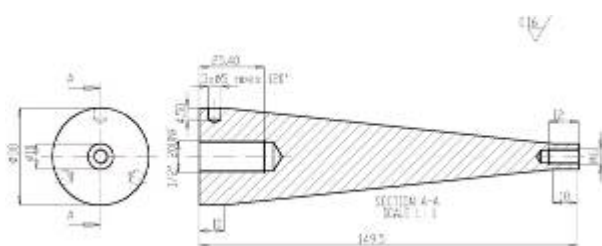
Табл.3. Резултати от измерването на твърдост на сонотрод

Място на измерване, ° Твърдост, HV0,2/10	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
След шлифование	423	419	417	442	444	439	431	425	427	435	431	427
След азотиране и полиране	685	689	686	688	682	685	681	679	675	683	677	684

-пресмятане на дължината на сонотрода;
-уточняване на окончателни размери чрез изследване на собствените честоти по МКЕ.

В практиката най-разпространени са сонотроди с конусен профил. Материалите от които се изработват ултразвуковите елементи трябва да имат ниско акустично съпротивление и достатъчна якост на умора. Подходящи материали са титанови сплави, табл.1. Препоръчително е да се определят модула на Юнг и плътността директно на заготовката за изработка на сонотрода. Опитът показва, че в повечето случаи измерената плътност е близка до табличната, но модула на Юнг може да варира с около $\pm 5\%$ от табличните стойности.

Работен чертеж на изработен от Ti-6Al-4V сплав конусен сонотрод е показан на фиг. 4.



Фиг.4. Работен чертеж на конусен сонотрод Ti-6Al-4V (20136Hz)

Създаване и изследване на повърхностно азотирани слоеве върху сонотрод от титанова сплав Ti-6Al-4V чрез прилагане на индиректен плазмотрон.

За подобряване на акустичните свойства на сонотрода изработен от титанова сплав Ti-6Al-4V е разработена технология за повърхностно плазмено газово модифициране (азотиране) с използване на индиректен

плазмотрон[1-10]. За експериментите бе използвана апаратура АПН 50, комплектувана с индиректен плазмотрон PTN 50 в камера с азот (N₂) с чистота 99.998% и постоянен разход от 220 ml/min.

Проведените наши изследвания показваха, че повърхностното азотиране на сонотрода чрез ниско температурна плазма е с важно значение за ултразвуковото резонансно изпитване на образци на умора при честота 20kHz.

С цел създаване на технология за повърхностно азотиране с индиректен плазмотрон на сонотрод, бе разработен технологичен режим – таблица 2.

Табл.2. Технологичен режим за повърхностно азотиране с индиректен плазмотрон на сонотрод

Параметър	Стойност
Сила на тока	500A
Напрежение	70V
Разход плазмообразуващ газ	
Аргон (Ar)	30l/min
Азот (N ₂)	6l/min
Разстояние от края на дюзата до образца	120mm

При азотирането бяха използвани получените резултати за същата титанова сплав описани и изследвани в глава 5 от настоящата дисертационна работа.

С цел оптимално обхождане на външната повърхност от плазмотрона, сонотрода е закрепен в приспособление (оптична делителна глава) междуцентри.

-Обороти на въртене на детайла 320 min⁻¹,

- Движение на плазмотрона- възвратно постъпателно 1,44 mm/min;

- Време за азотиране на прехода 2 min

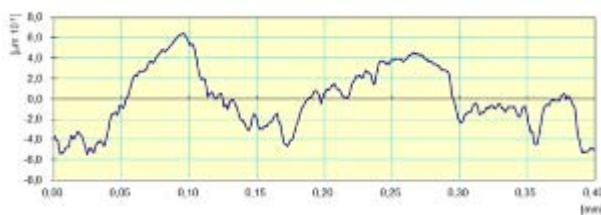
Азотирането на повърхностния слой на сонотрода се извършва с използване на локално плазмено газово азотиране с индиректен плазмотрон без претапяне на повърхността.

Измерванията на микротвърдост се осъществяват с използване на методиката от глава 2, точка 2.8 от дисертацията. Измерената след шлифване микротвърдост на сонотрода е 430HV_{0,2/10}, при изискване 670HV_{0,2/10} /табл. 3/.

Табл.4. Свойства на сплави подходящи за изработка на сонотроди

Операция	Ra, μm
Шлифване	0,61
Азотиране	0,98

Грапавостта след шлифване се измерва с използване на методиката от точка 2.9, глава 2 от дисертацията. Тя има стойности $Ra=0,61\mu\text{m}$. Данните от изходната грапавост, както и тези след повърхностно азотиране и последваща механична обработка са представени в табл.4. Графично резултата от измерването е представен на фигура 5.



Фиг. 5. Графични резултати от измерване на грапавост на сонотрода след шлифване

Плазменото газово азотиране на сонотрода стартира от 10 до 15mm извън двата му края. Процесът се изпълнява в следната последователност:

1. Пускане на охлаждащата вода;
2. Проверка на високочестотния импулс;
3. Пускане на плазмообразуващия газ Ar/N₂;

4. Стартиране на източника плазмотрона 600A/180V;

5. Включване на блока за управление;

6. Подаване на високочестотен импулс;

7. Стартиране на приспособлението за движение;

8. Стартиране на работната дъга;

9. Пускане на плазмотрона в движение по предварително зададена траектория.

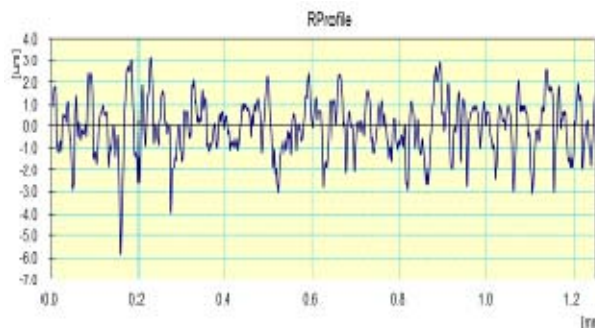
След приключването на работния цикъл, операциите се изпълняват в обратен ред. Азотирането на сонотрода се извършва в 8 прехода. Получената азотирана повърхност на сонотрода е показана на фиг.6.

Грапавостта след провеждане на плазмено газово азотиране при повърхностното обработване на сонотрода има стойност $Ra=0,98\mu\text{m}$ (фиг.7).



Фиг. 6. Сонотрод след повърхностно плазмено азотиране

След извършване на повърхностното азотиране на сонотрода, същия е монтиран към стенд за ултразвуково резонансно изпитване на умора при честота 20kHz, фиг.1. поз.4 и е въведен в експлоатация. Към 01.10.2014г. няма данни за възникнали неизправности по лабораторния стенд.



Фиг. 7. Графични резултати от измерване на грапавост на сонотрод

Табл.3. Резултати от измерването на твърдост на сонотрод

III. ИЗВОДИ

Извършено е азотиране на сонотрод от стенд за ултразвуково резонансно изпитване на умора при честота 20kHz с използване на плазмено газово азотиране с индиректен плазмотрон без претапяне на повърхността. Грапавостта след провеждане на плазмено газово азотиране при повърхностното обработване на сонотрода има стойност $Ra=0,98\mu m$, а измерената микротвърдост е от 675 до 689HV0,2/10.

За контакти:

доц. д-р инж. Христо Скулев
катедра "МТМ"
Технически Университет - Варна
ул. Студентска, №1
e-mail: skulev@tu-varna.bg

литература:

- [1] H.Y. Wang, R. F. Zhu, Y. P. Lu, G.Y. Xiao, X.C. Zhao, K. He, Y.F. Yuan, Y. Li, X. NiMa, Mater. Sci. Eng. C, Available online 19 June 2014.
- [2] Y. Yan, Q. Ding, Y. Huang, S. Han, X. Pang, App. Surf. Sci. 305 (2014) 77–85.
- [3] X. Liu, P. K. Chu, C. Ding, Mater. Sci. Eng. R 47 (2004) 49–121.
- [4] M. Goudarzi, F. Batmanghelich, A. Afshar, A. Dolati, G. Mortazavi, App. Surf. Sci. 301 (2014) 250–257.
- [5] J.W. Park, K. B. Park, J.Y. Suh, Biomater. 28 (2007) 3306–3313.
- [6] L.T. Duarte, C. Bolfarini, S. R. Biaggio, R. C. Rocha-Filho, P.A.P. Nascente, Mater. Sci. Eng. C 41 (2014) 343–348.
- [7] H. Skulev, S. Malinov, P.A.M. Basheer, W. Sha, Surf. Coat. Tech. 185 (2004) 18 – 29.
- [8] B. Gueorguiev, I. Iordanova, C.M. Sprecher, H. Skulev, D. Wahl, A. Hristov, J. optoelectr. Adva.mater. 11 (2009), 1331-1334.
- [9] A.P. Rubshtein, I.Sh. Trakhtenberg, E.B. Makarova, E.B. Triphonova, D.G. Bliznets, L.I. Yakovenkova, A.B. Vladimirov, Mater. Sci. Eng. C 35 (2014) 363–369.
- [10] D.Y. Kim, M. Kim, H. E. Kim, Y. H. Koh, H. W. Kim, J.H. Jang, Act. Biomater. 5 (2009) 2196–2205.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА СИЛОВОТО НАТОВАРВАНЕ ПРИ СВРЕДЛА С НЕСИМЕТРИЧНА СХЕМА НА ИЗРЯЗВАНЕ НА ПРИБАВКАТА

Евстати Лефтеров, Тания Аврамова

Abstract: In this article is proposed experimental setup that allows to check different constructional variants for cantilevered drills and drills for deep holes (with guide plates) in real conditions. It allows to research the equivalent force depending on the angle defining the relative position of the cutting plates and also to define the angles of a relative position of the guide plates. The results for stresses and deformations after experimental researches with this experimental setup are shown in the article.

Key words: Cantilevered drill, Drill for deep holes, Experimental setup

1. Въведение

Прилагането на сменяеми пластини (СП) при различни конструкции инструменти за обработка на отвори води до несиметрични схеми на изрязване на прибавката [4]. Такива са инструментите с една, две и повече режещи пластини за обработка на нормални и дълбоки отвори [1, 3, 4]. Тази особеност предизвиква наличие на еквивалентна сила, която въздейства върху тялото на инструмента и вретения възел на металорежещата машина или посредством направляващите елементи на технологичната система като цяло [1, 4].

Схемата на натоварване е характерна и определяща всяка конструкция на инструмент за обработка на отвори и нейното изучаване позволява да се подобрят конструктивните и експлоатационните им характеристики.

2. Теоретични основи на изследването

Силите и моментите, натоварващи свредла със сменяеми пластини могат да се представят съответно с изразите [4]:

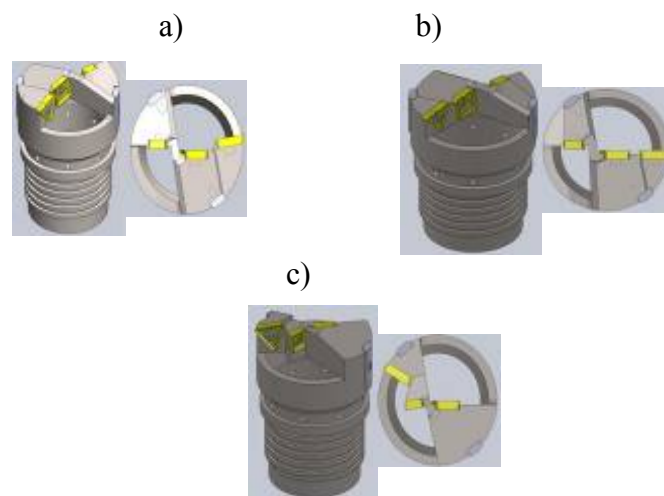
$$\begin{aligned} R_x &= f(F_{x_n}; R_y = f(F_{y_n}; F_{z_n}; \psi_n); \\ R_z &= f(F_{z_n}; F_{y_n}; \psi_n), \end{aligned} \quad (1)$$

където: F_{x_n} , F_{y_n} , F_{z_n} – компоненти на силата на рязане относно всяка отделна режеща пластина; ψ_n – ъгъл на разположение на режещите пластини при припокриване на обработвания диаметър.

$$\begin{aligned} M_x &= f(F_{x_n}; a_n); M_y = f(F_{x_n}; F_{y_n}; F_{z_n}; a_n; z_c; \psi_n); \\ M_z &= f(F_{x_n}; F_{y_n}; F_{z_n}; a_n; y_c; \psi_n), \end{aligned} \quad (2)$$

където: a_n – координати на приложните точки на силата на рязане; y_c , z_c – координати на масовия център на напречното сечение на инструмента.

При свредлата за обработка на дълбоки отвори задачата при проектиране на инструмента се усложнява от гледна точка на това, че инструмента не е с поведение на конзолно закрепена греда, а има налични направляващи елементи (фиг.1) [1].



Фиг. 1. Варианти на режещата част на свредла за обработка на дълбоки отвори
а) Режеща глава без ъглово изместване на режещите пластини; б) Режеща глава с ъглово изместване на периферната пластина на ъгъл $\psi=10^\circ$; в) Режеща глава с ъглово изместване на периферната пластина на ъгъл $\psi_1=30^\circ$ и междинната пластина $\psi_2=10^\circ$

В този случай изследването на силовото натоварване се заключава в оптимизиране на големината на радиалните сили, действащи в направляващите като:

$$F_1, F_2 = f(R_y, R_z, \delta_1, \delta_2, \mu), \quad (3)$$

където: R_y и R_z се определят по зависимост 1 и в тях пряко участват ъглите ψ_1 и ψ_2 при свредла с три режещи пластини; δ_1 и δ_2 – ъгли между направляващите пластини спрямо равнината на разположение на централната режеща пластини; μ - коефициент на триене между стените на обработвания отвор и направляващите пластини.

Анализирайки зависимости (1), (2) и (3) могат да се направят следните изводи:

- Оптимизиране на конструкциите на инструментите за обработка на отвори на практика се свежда до оптимизиране на схемата на натоварване;
- Процесът на оптимизация изисква анализа на множество варианти, като за ограничаването им се налага въвеждане на критерии от конструктивен характер и в зависимост от процесите на рязане;
- Подходът при изследването на схемите на натоварване при свредла конзолен тип и с направляващи е еднакъв до момента на търсене на оптималните стойности на ъглите δ_1 и δ_2 (фиг.1).

Очевидно е, че в настоящия момент точното определяне на съставляващите силата на рязане F_x , F_y и F_z , действащи на режещите пластини, е невъзможно, тъй като при прякото им измерване се допуска грешка над 5%, което само по себе си пречи на получаване на достоверен оптимален конструктивен вариант.

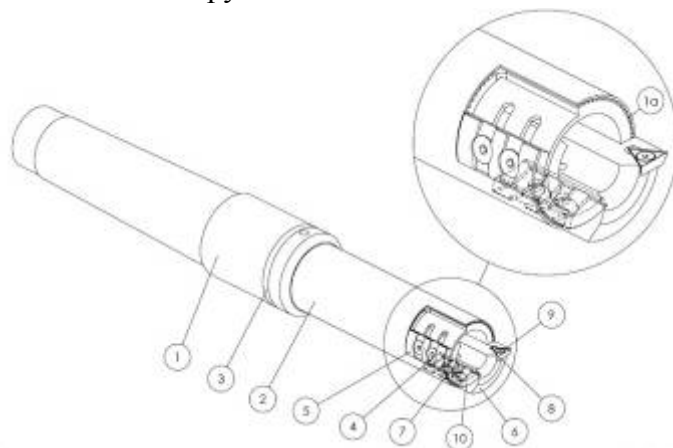
Тези особености налагат създаването на нов подход основан на разработването на експериментална установка, посредством която да се пресъздават определени рационални конструктивни варианти, получавани при теоретичните изследвания.

3. Описание на експерименталната установка

Общият вид на инструмента, представляващ експерименталната установка е показан на фиг.2 [2]. Конструкцията съдържа следните елементи: тяло 1, осигуряващо якостно инструмента; тъкостенен елемент 2, покриващ надлъжните канали 1а за подвеждане на МОТ; челно уплътнение 3; режещ модул 6, носещ режещата пластини 8 закрепена с винт 9. Опорните елементи 10 и 5 са подвижни един

спрямо друг и се фиксират с винтове 4 и контратяло 7.

Уплътнение 3 осигурява херметичност на еластичния елемент, явяващ се част от тяло 1. Измерванията се извършват с тензодатчици, позволяващи да се измерят съставляващи силата на рязане в равнина перпендикулярна на оста на инструмента.



Фиг. 2 Общ вид на експерименталната установка

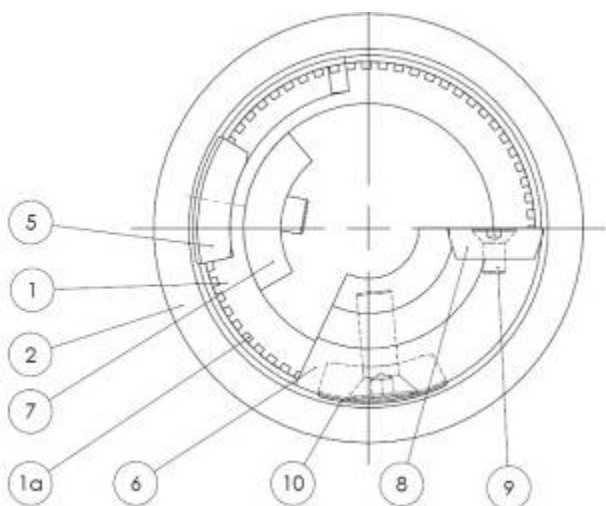
Уплътнение 3 осигурява херметичност на еластичния елемент, явяващ се част от тяло 1. Измерванията се извършват с тензодатчици, позволяващи да се измерят съставляващи силата на рязане в равнина перпендикулярна на оста на инструмента.

Разработената конструкция позволява да се изградят два вида инструменти за обработка на отвори:

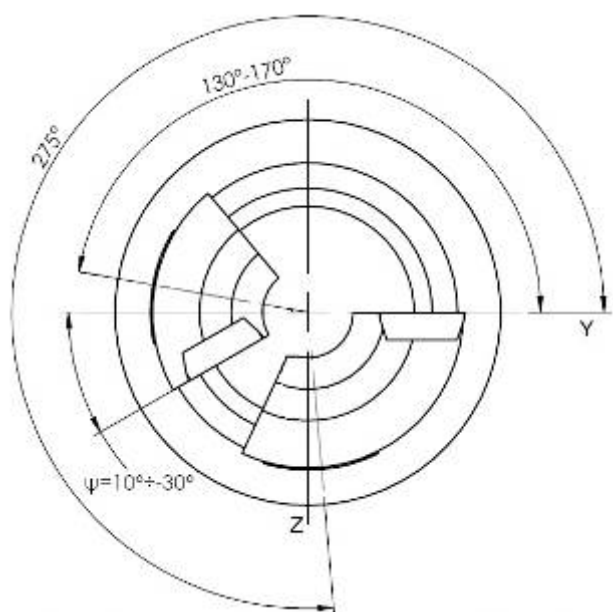
- Свредла със сменяеми пластини (две пластини) без направляващи и инструмент за разширяване на отвори;
- Свредла за дълбоки отвори с направляващи.

На фиг.3 е показана възможността посредством премахване на направляващите 5 и 10 и поставяне на централен модул аналогичен на модул 8 да се изгражда свредло със сменяеми пластини, позволяващо да се променя ъгъл ψ между тях от 10° – 30° (фиг.4).

При условие, че се монтира направляващи допълнително се създава възможност за промяна на ъглите δ_1 и δ_2 от 130° – 170° .



Фиг. 3. Поглед към челото на опитната установка



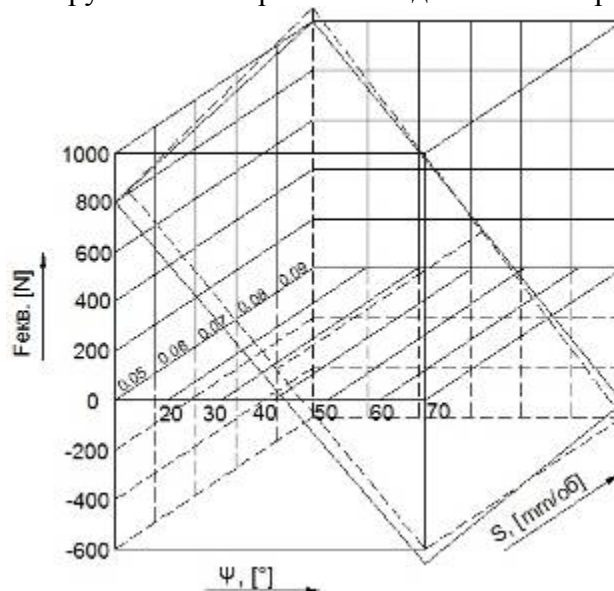
Фиг. 4 Възможност за регулиране на параметрите на конструкцията на експерименталната установка

4. Резултати от експерименталните изследвания

С помощта на експерименталната установка са проведени две групи експерименти. В първия случай е изследван инструмент без направляващи пластини, с диаметър Ø31 mm, при обработка на стомана S355, със скорост на рязане 120 m/min. Получените резултати са показани на фиг.5.

На фиг.5 се вижда промяната на посоката на еквивалентната сила, действаща в равнината ZY (фиг.4), от което могат да се направят два основни изводи:

- Ъгъл ψ влияе съществено върху еквивалентната сила $F_{екв}$, което означава и върху точността на обработката при конзолни инструменти (без направляващи пластини);
- Ъгъл ψ променя схемата на натоварване, която влияе пряко върху силите, действащи в направляващите пластини на инструменти за обработка на дълбоки отвори.



Фиг. 5 Изследване на еквивалентна сила в зависимост от ъгъл ψ (на взаимно разположение между режещите пластини)

Втората група експерименти са проведени при създаване на различни комбинации на изменения на ъглите ψ , δ_1 и δ_2 , които на практика представляват различни конструктивни варианти на свредла с три режещи пластини показани на фиг.1. Резултатите от това изследване са показани в табл.1.

Подбрани са получени по теоретични път варианти, при които е променяно положението на междинната пластина, а като критерий за оценка на рационалността на определен вариант служи условието $S_1 \approx S_2 > 1$.

Силите F_1 и F_2 , за разлика от конзолно закрепените свредла, се формират и от силите на триене в направляващите пластини. Напреженията и деформациите в технологичната система са отчетени основно за детайла, като елемент с най-голяма податливост.

5. Изводи и заключение

Предвид особеностите на анализиранияте конструкции могат да се направят следните изводи:

- Разработената експериментална установка позволява да се проверят в реални условия различни конструктивни варианти, както за конзолно закрепени свредла, така и за свредла за дълбоки отвори (с направляващи елементи);
- При свредла с две режещи пластини без направляващи пластини промяната на ъгъл ψ води до промяна на схемата на натоварване в частност се променя посоката и големината на еквивалентната сила, действаща в челно сечение;
- При определяни условия еквивалентната сила клони към 0 N, което означава, че силите, които я формират се уравниават;
- При свредла с направляващи пластини (за обработка на дълбоки отвори) ъгъл ψ влияе по същия начин, като в комбинация с разположението на направляващите пластини (ъглите δ_1 и δ_2) могат да се разработят конструкции с еднакви коефициенти на устойчивост спрямо двете направляващи пластини;
- При свредлата за дълбоки отвори посредством промяната на ъгъл ψ може да се влияе пряко върху силите F_1 и F_2 , действащи в направляващите и предопределящи контактните явления със стените на обработвания отвор.
-

Табл.1 Резултати от проведени втора група експерименти

Пор. №	Ъгъл на разположение на междинната режещата пластинка, ψ [°]	Ъгли на разположение на направляващите пластини		Сили, действащи в направляващите пластини		Коефициенти на сигурност за направляващите пластини получени чрез пресмятане		Напрежения в детайла получени чрез пресмятане		Преместване	
		δ_1 , [°]	δ_2 , [°]	F_1 , [N]	F_2 , [N]	S_1	S_2	σ_{min} , [N/mm ²] (MPa)	σ_{max} , [N/mm ²] (MPa)	μ_{min} , [mm]	μ_{max} , [mm]
1	10	130	275	-1035,8	410,2	1,14	1,21	9,2 e-010	487,2	0,001	0,054
2	8	132	275	-856	200,8	1,12	1,18	8,6 e-010	510,3	0,001	0,057
3	6	134	275	-689,4	17,2	1,11	1,15	6,7 e-010	540,4	0,001	0,059
4	4	136	275	-534,1	-143,4	1,10	1,13	9,4 e-010	500,9	0,001	0,056
5	2	138	275	-388,3	-282,9	1,08	1,10	7,7 e-010	478,8	0,001	0,053
6	0	140	275	-250,7	-403,3	1,07	1,07	8,4 e-010	452,7	0,001	0,050
7	-2	142	275	-362,1	-296	1,09	1,10	8,7 e-010	502,7	0,001	0,056
8	-4	144	275	-464,3	-200,1	1,10	1,13	1,1 e-009	560,2	0,001	0,062
9	-6	146	275	-558,3	-112,1	1,10	1,16	9,9 e-010	621,9	0,001	0,067
10	-8	148	275	-645	-32	1,10	1,18	1,3 e-010	663,3	0,001	0,072
11	-10	150	275	-725,3	41,2	1,11	1,21	1,4 e-009	676,1	0,001	0,075
12	-12	152	275	-799,7	108,08	1,10	1,24	9,8 e-010	714,3	0,001	0,077
13	-14	154	275	-868,8	169,2	1,09	1,27	1,5 e-009	738,1	0,001	0,079
14	-16	156	275	-933,18	225,18	1,08	1,30	1,3 e-009	735,1	0,001	0,082
15	-18	158	275	-993,2	276,4	1,06	1,32	1,6 e-009	770,8	0,001	0,083
16	-20	160	275	-1049,3	323,14	1,04	1,35	1,5 e-009	784,6	0,001	0,085
17	-22	162	275	-1101,8	365,9	1,02	1,37	1,6 e-009	804,4	0,001	0,087
18	-24	164	275	-1151	404,82	0,99	1,39	1,4 e-009	820,5	0,001	0,089
19	-26	166	275	-1197,1	440,3	0,97	1,42	1,5 e-009	843,4	0,001	0,092
20	-28	168	275	-1240,3	472,4	0,94	1,44	1,7 e-009	866,2	0,001	0,094
21	-30	170	275	-1280,9	501,4	0,90	1,46	1,9 e-009	873,4	0,001	0,096

Литература:

- [1] Лефтеров Е.Л., Аврамова Т.Г., „Изисквания при проектирането на свредла за обработка на дълбоки отвори”, сп. „МТТ”, кн. 1, издание ТО на НТС – Варна и ТУ- Варна, 2012 г., ISSN 1312 – 0859, стр. 16-20.
- [2] Лефтеров Е.Л., Аврамова Т.Г., Комбиниран инструмент за обработка на отвори, BG Патент, №1913, 01.07.2014
- [3] Лефтеров Е. Л., Николов С. Н. Високопроизводителни инструменти за обработване на отвори, ДИ Техника, София, 1989, УДК 621.9.0.25:621.953, стр. 171
- [4] Лефтеров Е. Л., Оптимални методи и средства за механична обработка, ТУ-Варна, Варна, 2013, ISBN 978-954-20-0590-2, стр.159

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна

доц. д-р инж. Евстати Лефтеров
e-mail: lefterov@tu-varna.bg

ас. д-р. инж. Таня Аврамова
e-mail: tanya_avramova@tu-varna.bg

ОЦЕНЯВАНЕ НА МИНИМАЛНИЯ РЕСУРС НА ЗЪБНИ КОЛЕЛА ПРИ ИЗПИТВАНЕ НА РЕДОВИ РЕДУКТОРИ

Найден Спасов

Abstract: One of the most important purposes of the mechanical practice is to predict the fatigue life and the operating resource of the real details. This task is difficult and it demands labor-intensive and power consuming mode tests. That is why, the engineers continuously search for analytical methods for prediction the fatigue life of metals and details. In this paper is presented an analytical method for evaluation of a minimal resource of the spur gears of the row reducer of plant “Module” - Byala. It is an attempt for conservative valuation of the spectrum of the loading on the spur gears by means of the surface hardness.

Key words: minimal resurs, cogged wheels, surface strengthening, row reductor

1. Въведение

Посредством прилагане на конкретно дефинирана последователност от етапи, включващи различни технологични приложения, средства и методи, възможността за успешно създаване на аналитични методи за оценяване на ресурса на зъбни колела при изпитването на различни видове редови редуктори. В настоящия доклад е изложена етапна последователност, по която даден вид редови редуктори могат да бъдат конструирани качествено, прецизно и отговарящи на най-съвременните изисквания в областта на редукторостроенето. Към всеки един етап е

приведена информация относно специфичните особености свързани с него и актуалните технологичните средства, с които той може да бъде реализиран.

Целта на настоящата работа е да се създаде и оптимизира начина на оценяване на минималния ресурс на зъбни колела при изпитването на редови редуктори, посредством конструиране на последователност от дефинирани етапи, в които са включени всички особености, фактори, критерии и характеристики отнасящи се към съвременното редукторостроене.

Таблица 1. Използвани означения и символи в реда на появяването им:

Означение	Наименование	Измерителна единица
m	Модул на зъбно колело	
β	Основен ъгъл на наклона на зъбите	
b	Ширина на венца на зъбно колело	
R_a	Височина на неравностите по повърхнината на зъба (грапавост)	
z	Брой на зъбите на зъбно колело	
τ	Степен на точност на зъбно колело	
s_H	Базова контактна якост - максималното контактно напрежение в полюса на зацепване, което дадено зъбно колело може да издържи определен брой цикли на контактно натоварване на зъбите без поява на прогресиращ питинг	МПа
s_F	Базова якост на огъване (граница на умора на огъване)	МПа
N_{Hmin} N_{Fmin}	Минимален брой цикли на контактно натоварване и на огъване на зъбите на зъбно колело (минимален ресурс)	-
N_{Ho}	Базов брой цикли на натоварване на зъбите на контактно натоварване	-
N_{Fo}	Базов брой цикли на натоварване на зъбите на огъване	-

q_H и q_F	Степенни показатели на кривите на умора на материала за двата вида натоварвания	-
S_{Hmax}	Максимално контактно напрежение за целия срок на работа на зъбното колело	МПа
S_{Fmax}	Максимално напрежение на огъване за целия срок на работа на зъбното колело	МПа
m_H	Коефициент на еквивалентност при контактно натоварване	-
m_F	Коефициент на еквивалентност при огъване	-
φ_{Fi}	Относителна честота на действие на i-тото стъпало на натоварване при огъване	-
φ_{Hi}	Относителна честота на действие на i-тото стъпало на натоварване при контактно	-
F_{ti}	Периферна сила на натоварване за i-тото стъпало на натоварване	N
F_{tmax}	Максимална сила на натоварване	N
n_H и n_F	Брой на стъпалата на натоварване при двата вида натоварване	-

2. Методика за определяне на минималния ресурс на зъбно колело

В процесът на построяване и конфигуриране на етапите са взети предвид основните моменти свързани и влияещи върху даден етап от работата на предавателния механизъм РЦД 350 (редови редуктор).

За прогнозиране на минималния ресурс на зъбно колело се използва модифицирана класическа формула, изведена на база хипотезата на Палмгрен- Майнер [1]:

$$(1) \quad N_{min} = N_{H0} \cdot \left(\frac{\sigma_H}{\sigma_{max}} \right) \cdot q_H \cdot (\mu_H)^{-\frac{2}{q_H}}$$

$$N_{min} = N_{F0} \cdot \left(\frac{\sigma_F}{\sigma_{max}} \right) \cdot q_F \cdot (\mu_F)^{-\frac{1}{q_F}}$$

- о $N_{H0} = N_0$ - базов брой цикли при контактна умора [3] (при липса на експериментални данни се приемат за равни на 30 HB2,4);
- о $N_{F0} = N_0$ - базов брой цикли при умора при огъване [3] (при липса на експериментални данни се приемат за равни на 3.106);
- о Базовата якост на зъбно колело (σ_H или σ_F) при наличие на експериментални данни (Глава 2) се определя чрез

използването на обобщения коефициент на влияние (т.1, Глава 5). При липса на експериментални данни се използват формулите, посочени в таблица 2 [3];

- о q_H - степенен показател на контактно уморната крива на зъбите на зъбното колело (при липса на експериментални данни се приема 6 [3]);
- о q_F - степенен показател на кривата на умора при огъване на зъбите на зъбно колело (при липса на експериментални данни се приема 6 - за стомани след нормализиране, подобряване, цементиране, нитроцементиране и след повърхностно закаляване; $q_F = 9$ - при азотирана стомана) [3];
- о Максималното контактно напрежение (S_{max}) се определя от циклограмите на натоварването, а ако липсват експериментални данни - по изискванията на БДС 17108 [3]. При липса на данни за максималното напрежение се работи с границата на провлачане (R_e) на материала.
- о μ - коефициент на еквивалентност, който се изчислява на базата на съответните циклограми на натоварването по следните формули [3]:

Таблица 2. Формули, използвани при определяне на границата на умора

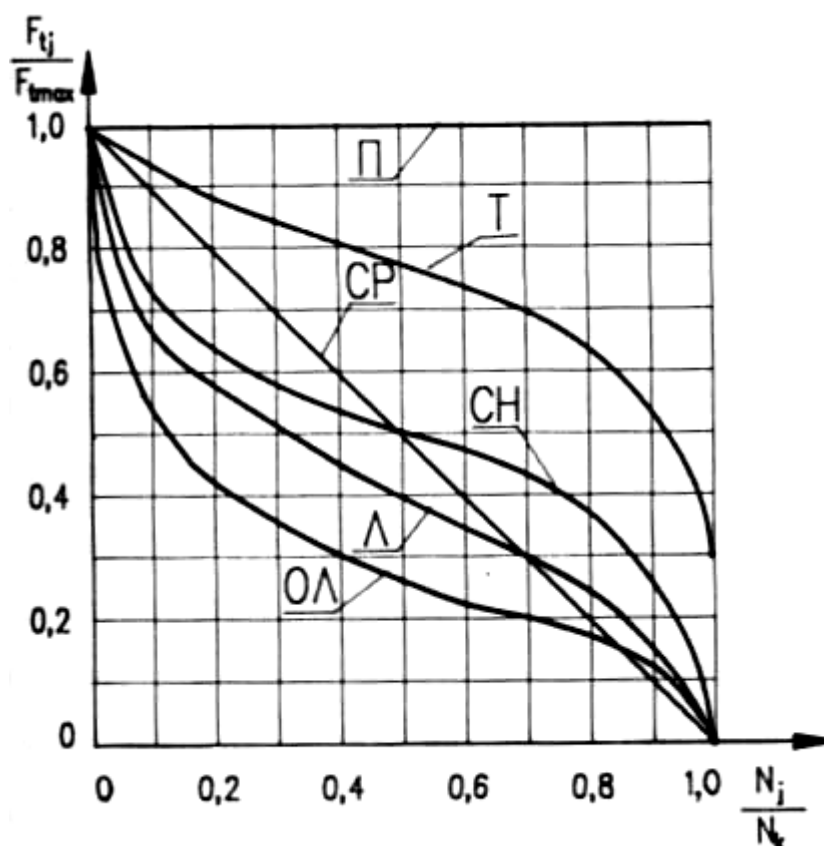
Стомана марка	Обработка	σ_H [МПа]	σ_F [МПа]
40X	Подобряване	2.HB +70	1,75.HB
	ТВЧ закаляване	17.HRC + 200	460 - 580
	Азотиране	1,5.HV	290 + 12 HRC (сърцевина)
18XH3A	Цементация	23.HRC	1,75.HB (800)

(2)

$$\mu_H = \sum_{i=1}^{n_H} \left(\frac{F_{ti}}{F_{t \max}} \right)^{\frac{q_H}{2}} \cdot \varphi_{Hi} \leq 1$$

$$\mu_H = \sum \left(\frac{F_{ti}}{F_{t \max}} \right)^{q_F} \varphi_{Fi} \leq 1$$

При плавно и случайно променящо се натоварване за основните типови режими на натоварване се използват приведените коефициенти на натоварване μ_H и μ_F таблица 3, а при наличие на графични зависимости се прави сравнение с кривите от фиг.1 [3].



Фиг.1. Циклограми на натоварването при случаен режим на натоварване [3]

Таблица 3. Стойности на коефициента на еквивалентност

Режим на натоварване	μ_H	μ_F	
	$q_H = 6$	$q_F = 6$	$q_F = 9$
Тежък (Т)	0.80	0.82	0.84
Среден (СР)	0.63	0.72	0.84
Нормален (СН)	0.56	0.63	0.69
Лек (Л)	0.50	0.58	0.63
Особено лек (ОЛ)	0.40	0.43	0.54

Тъй като във формули (1) се работи с максималното възможно натоварване в спектъра, то ресурсът, който се определя, е минималният гарантиран ресурс на зъбното колело.

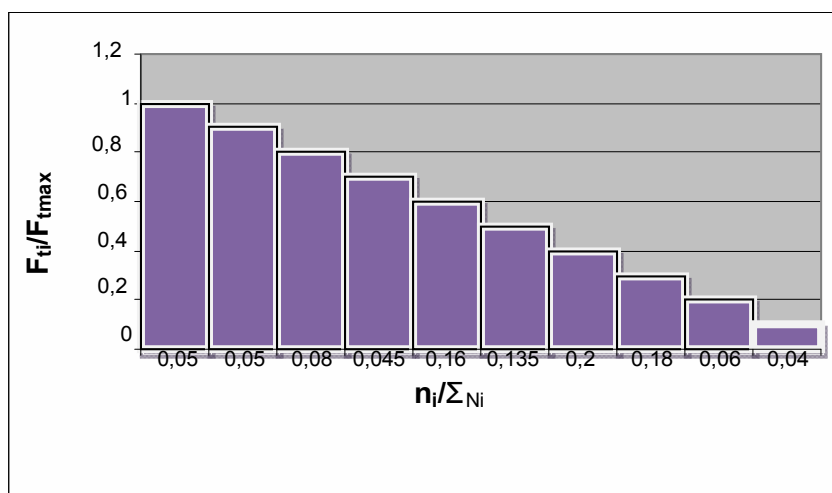
Зъбна двойка от редови редуктор производство на фирма „Модул“ – град Бяла, Русенска област, серия 350

От анализа на експлоатационните откази се разбира, че определящ фактор за ресурса на зъбните колела е граничното якостно състояние, т.е. разрушаването под действие на контактни и огъващи уморни натоварвания.

При проектиране, разработване и експлоатация на силови контактни механизми, подложени като правило на сложно циклично натоварване, основен критерий е разрушаването им в резултат на умора и свързания с него проблем – оценяването на очакваната работоспособност и вероятностното и разпределение. Имайки предвид, че “трайността” на едно изделие е категория от неговото качество, решаването на проблема за определяне на минималната работоспособност на зъбните колела е решаване на икономически, социални и екологически проблеми. Ето защо, в настоящата разработка се използва метод

[1] за извършване на априорна оценка на минималния ресурс на зъбните колела от редови редуктор РЦД 350, който може да се прилага при конструиране, на етап “опитен образец” и при диагностика в периода на експлоатация.

За пресмятанията се използва циклограмата на натоварване (фиг.2) на предавателния механизъм на РЦД 350, снета в лабораторни условия при стайна температура. Спектрите на амплитудите на натоварването се описват от нормалния закон на Гаус, като параметрите им са в зависимост от скоростта на движението, приведена към товарния момент приложен върху предавателния механизъм. От тази циклограма се отчитат необходимите стойности на напреженията и на еквивалентния коефициент на натоварване.



Фиг.2. Циклограма на натоварването на редови редуктор РЦД 350

Голямо зъбно колело

Голямото зъбно колело на редовия редуктор се изработва от стомана 40X и е със следните параметри: $z = 77$, $m = 12$, $i = 1,348$, $D_k = 937,3$ mm и височина на зъба - 23,14 mm. Колелото се уякчава чрез повърхностно индукционно закаляване и е с дълбочина на уякчения слой 1,2 - 2,4 mm. Повърхностната твърдост е (HRC 50). В сърцевината

твърдостта е HV350 (собствени изследвания върху пробни тела от реално колело). На базата на циклограмата на натоварването по формули (2) за еквивалентния коефициент на натоварване се получава стойност $m = 0,214$. Посредством формули (1) и таблици 2 и 3 чрез използване на измерената твърдост на материала след изчисляване се получават следните резултати, сравнени с изискванията по документация (таблица 4):

Таблица 4. Получени стойности за голямо зъбно колело

Величини	Стойности по документация	Изчислени по методиката стойности
Базов брой цикли на натоварване N_0	-	$10,3 \cdot 10^7$
Граница на контактна умора s_H	-	1050 MPa
Граница на умора при огъване s_F	-	680 MPa
Максимално контактно напрежение s_{Hmax}	-	2380 MPa
Максимално напрежение при огъване s_{Fmax}	-	1800 MPa
Минимален ресурс на зъбите на голямото зъбно колело при контактна умора	$2 \cdot 10^6$ броя цикли сумарен експлоатационен ресурс на зъбната двойка по документация	$1,23 \cdot 10^6$ броя цикли при тежък режим на работа
Минимален ресурс на зъбите на голямото зъбно колело при циклично огъване		$1,3478 \cdot 10^5$ броя цикли при тежък режим на работа

Малко зъбно колело

Малкото зъбно колело на редовия редуктор се изработва от стомана 18ХН3А и е със следните параметри: $z = 23$, $m = 12$, $i = 1,348$, $D_k = 318,6$ mm. Колелото се уякчава чрез цементация и е с дълбочина на уякчения слой 1,2 – 1, mm.

Повърхностната твърдост е (HRC 58) а в сърцевината твърдостта е HV250 (собствени изследвания върху пробни тела от реално колело). След изчисленията по изложената методика се получават следните резултати (таблица 5):

Таблица 5. Получени стойности за голямо зъбно колело

Величини	Стойности по документация	Изчислени по методиката стойности
Базов брой цикли на натоварване N_0	-	$1,9 \cdot 10^8$
Граница на контактна умора s_H	-	1334 MPa
Граница на умора при огъване s_F	-	820 MPa
Максимално контактно напрежение s_{Hmax}	-	2552 MPa
Максимално напрежение при огъване s_{Fmax}	-	2800 MPa
Минимален ресурс на зъбите на голямото зъбно колело при контактна умора	2.10 ⁶ броя цикли сумарен експлоатационен ресурс на зъбната двойка по документация	5,147.10 ⁶ броя цикли при тежък режим на работа
Минимален ресурс на зъбите на голямото зъбно колело при циклично огъване		1,59. 10 ⁵ броя цикли при тежък режим на работа

Изводи:

1. Малкото зъбно колело, поради по-високата си повърхностна твърдост има по-висок ресурсен потенциал от голямото зъбно колело.
2. Изведени са количествени зависимости за извършване на априорна оценка на минималния ресурс на зъбни коелета от редови редуктор РЦД 350, застрашени от разрушаване поради контактна умора или умора при огъване.

Литература:

- [1] Стаевски К., Оперативна оценка на ресурса и факторите, влияещи върху оптимизирането му, Машиностроене, бр.11, 1993
- [2] Авджиева, Т., Метод за оценяване на минималната дълготрайност на зъбно колело, подложено на променливи натоварвания, 11

Международна конференция ТМТ 2001, 15 –16 Ноември 2001, София, България

- [3] БДС 17108-89. Предавки зъбни цилиндрични еволвентни с външно зацепване.Якостно изчисляване на зъбите. Български институт за стандартизация. София
- [4] ГОСТ21354-75. Передачи зубчатые цилиндрические эвольвентные внешнего зацепления. Расчет на прочность.
- [5] ISO 6336. Calculations for life and strength of Gears.

За контакти:
9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна
ас.инж. Найден Спасов
e-mail: naiden.spasov@tu-varna.bg

КЪМ ВЪПРОСА ЗА ИЗБОР НА ПРОФЕСИЯ (УНИВЕРСИТЕТСКА СПЕЦИАЛНОСТ) В УСЛОВИЯТА НА РЕПУБЛИКА ТУРЦИЯ

Мухаррем Ведат Ерйетиш

Резюме: Статията представя възможностите за избор на професия в условията на република Турция, като особено внимание е отделено на перспективите пред студенти, завършили университетски специалности.

Ключови думи: професия, фактори за избор, скала за оценяване.

I. Увод

Във всеки момент от нашия живот вземаме решения, които често формират предпочитанията ни за в бъдеще. Избраната професия определя в известна степен начина ни на живот. Всеки човек притежава по рождение характерни само за него самия способности, потенциал, различни умения. През целия си живот хората се стремят да проявят, приложат и развият тези си качества. Професионалната среда, която би ни осигурила нужните за това възможности, е нашата работа. По този начин индивидът улавя смисъла на съществуването си и постига задоволеност. Но това би било възможно само при правилен избор на професионална среда и работа, която ще подхожда на потенциала и уменията, притежавани по рождение и ще изпълнява с любов, прилагайки по възможно най-добрия начин знанията и уменията, които са придобити в процеса на обучението. [1,3]

Въпросът за приложението на придобитите посредством обучение знания и умения е въпрос, на който тук искаме да обърнем по-специално внимание. Много голяма част от знанията получаваме по време на университетското си образование в условията на съответната образователна система, но реализацията зависи от икономическите условия в страната ни - Република Турция. Много често срещаме хора, които са ангажирани в дейности, които не са адекватни на полученото обучение или пък са абсолютно различни от него. Всъщност човек може да разбере, че в действителност е получил обучение за професия, която не желае да упражнява. Като пример за това най-често се посочват учителската и лекарската

професия в Република Турция. Приблизително 40% от хората в страната ни смятат, че се обучават в сфера, в която не желаят да работят. Когато се погледне написаното и казаното по въпроса, логиката изглежда много проста: хората притежават различни качества и ако изберат професии, които отговарят на техните особености, ще бъдат продуктивни и успешни, а в психологичен аспект ще постигнат и търсената задоволеност. Въпреки твърденията, че изборът на правилна професия зависи от личностните характеристики на индивида, влияние оказват и други фактори като околната среда, обществената нагласа, икономическата ситуация в страната и др.[2]

Настоящата работа си поставя за цел да се анализират различните фактори и се оцени тяхното влияние при вземане на подобни решения.

II. Възможни фактори

Нека предположим хипотетично, че следните фактори могат да повлияят при избора на бъдеща професия:

1. семейство;
2. приятели и обкръжаваща среда;
3. значимост на професията в обществото;
4. икономически престиж на професията;
5. личностен избор.

За подпомагане вземането на решение се предлага създаване на анкета, включваща въпроси изясняващи влиянието на всеки от предложените фактори. Оценката на това влияние може впоследствие да подпомогне вземането на решение.

Нека анализираме поотделно всеки фактор:

1. Семейство:

Родителите, които вземат под внимание както икономическите възможности, така и обществения престиж, вземат решения от името на своите деца без да отчетат областите на техните интереси. В общества, в които социализирането не се осъществява напълно, индивидите, най - често се задоволяват единствено с възможността да одобряват взетите от тяхно име решения. Това не им позволява да развиват уменията си за вземане на решения и ги прави равнодушни към направените вместо тях избори. Семействата, в които преобладава този тип поведение, са семейства на закрилнически - натрапчиви майки и бащи. За определяне на движението от фактор „семејство“ лица в избора на професия в изследването са включени 4 въпроса от разработената анкета.

2. Приятели и обкръжаваща среда:

Едно от най - големите недоволства у младежите се поражда от натиска, който оказват семействата им върху тях и техните решения. Влиянието на приятелското обкръжение е с по-висок приоритет от влиянието, което оказват върху тях другите групи от обществото. Учениците от средните училища, които са пред избора на сфера на развитие или подготовка за кандидатстудентски изпит, изживяват период на пубертета и в съответствие с характеристиките на този период са много податливи на влиянието на приятелското обкръжение. Младежите лесно се влияят от съвети на приятели или от околната среда. Това е така, защото те се стремят да намерят и заемат място в обществото и изпитват нужда да бъдат приети в него. Това често води до избор на професии, които не съответстват на собствените им интереси и умения.

За определяне на движението от фактор „приятели и обкръжаваща среда“ лица в избора на професия в изследването са зададени 6 въпроса.

3. Значимост на професията в обществото:

Известно е, че човек трябва да практикува уважавана професия, за да се отнася и обществото към него с уважение. Не е реалистично да се очаква уважение чрез

механичното присъединяване към дадена уважавана професия.

Модерни в условията на Турция са мениджърските и инженерни специалности, но турката икономика не винаги разполага с база, чрез която да осигури работа за тези специалисти. Често ставаме свидетели на младежи, които избират професии само на базата на този фактор.

За определяне на движението от фактор „оценка на обществото“ лица в избора на професия в изследването са зададени 14 въпроса от анкетата.

4. Икономически престиж на професията:

Нивото на приходите се влияе директно от избраната професия и нивото на знанията в конкретната област. Ето защо младите хора се насочват към професии, за които мислят, че ще им носят по - големи доходи и с които ще се чувстват по - добре осигурени.

За определяне на движението от фактор икономически престиж лица в избора на професия в изследването са зададени 3 въпроса.

5. Личностен избор:

Това е индивидуален избор, направен съзнателно и без влиянието на други фактори. Тук изборът се прави с отчитане на субективната оценка на индивида за своите качества.

При този избор е важно:

1. Да се дефинира желаната област;
2. Опознавайки себе си да се определи областта, в която най-ярко би се проявил;
3. Да се определи типа личност по Holland (реалистичен, изследователски, артистичен, социален, предприемчив или конвенционален), а от там и научно-доказаните области, в които би намерил най-добра реализация. За подпомагане определението на типа личност са разработени въпроси по отделните типове:

- *реалистичен*: За определяне на лицата с реалистичен тип характер в изследването са зададени общо 20 въпроса.

- *артистичен*: За определяне на лицата с артистичен тип характер в изследването са зададени общо 21 въпроса.
- *предприемчив*: За определяне на лицата с предприемчив тип характер в изследването са зададени общо 38 въпроса.
- *конвенционален*: За определяне на лицата с конвенционален тип характер в изследването са зададени общо 28 въпроса.
- *изследователски*: За определяне на лицата с изследователски тип характер в изследването са зададени общо 55 въпроса.
- *социален*: За определяне на лицата със социален тип характер в изследването са зададени общо 42 въпроса.

За определяне на движението от фактор „индивидуален избор“ лица при определяне на специалността са предвидени множество въпроси в анкетата.

III. Анкета и скала за оценяване

В изследването се използва петстепенна скала от ликертов тип, като степенуването на опциите със съответните точки за тях е направено по следния начин:

- „Напълно съгласен” - 5
- „Съгласен” - 4
- „Не мога да преценя” - 3
- „Несъгласен” - 2
- „Напълно несъгласен” - 1

Калкулираните за всяка категория стойности по-късно могат да бъдат подложени на класифициране на категориите. Получената най-висока стойност при точкуването на категориите се счита за преобладаващият тип личност. Разработената на тази основа анкета съдържа 160 въпроса. Данните от нея могат да бъдат използвани за създаване на т.н. „невронна мрежа”. По този начин с прилагане на „алгоритми за обучение с учител” е възможно да се извърши итеративна

настройка на мрежата и тя да се използва за формиране на предложение за избор на евентуална професионална област и последваща по-добра реализация на кандидатстващия (търсещия) професия.

IV. Заключение

Предложената анкета и технология за нейната обработка позволява да се извърши обхвотно изследване на влиянието на различните фактори при професионалната ориентация на кандидат-студенти от Република Турция. Авторът разработва невронна мрежа за обучение с учител (експерт) и по този начин ще реши задачата за професионален избор.

V. Литература

- [1] KEPÇEOĞLU - “Psikolojik Danışma ve Rehberlik”, Ankara 1994
- [2] KARAGÖZOĞLU C., Ve Kemertaş - “Eğitimde Üçüncü Boyut, Psikolojik Danışma ve Rehberlik”, Birsen Yayınevi, İstanbul 2004
- [3] ÖZGÜVEN, İ.E. - “Endüstri Psikolojisi Pdrem Yayınları”, Ankara 2003

За контакти:

докт. Мухаррем Ведат Ерйетиш
Технически университет – Варна
кат. „Автоматизация на производството“
ул. „Студентска“ №1, гр. Варна, ПК9000
България

ЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ЗА ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТТА НА ХРАНИТЕ, ПРИЛОЖИМА В МСП ОТ ХРАНИТЕЛНО-ВКУСОВИЯ СЕКТОР

Паолина Политова

Резюме: Статията представя възможностите за употреба на електронна система за оценка на безопасността на храните. Системата е базирана на метода НАССР и се съобразява с неговите принципи. Показана е структурата на системата, методиката на оценяване и възможностите за нейното използване.

Ключови думи: безопасност на храните, риск, управление, НАССР

1. Въведение

След приемането на Наредба №5 за хигиена на храните през 2006г. и Закона за храните през 2008г., въвеждането на система за управление на безопасността на храните става задължително за всички производители на храни. Според Закона за храните от 2008г. и Наредба №5 за хигиена на храните системата трябва да се основава на принципите на методиката НАССР (Hazard Analysis And Critical Control Points)[1,2].

Чл. 70. на Наредба №5 гласи: „Производителите и търговците на храни въвеждат, прилагат и поддържат система от процедури и програми за управление на безопасността на храните или система за анализ на опасностите и критични контролни точки (система НАССР), а когато цялостното внедряване на системата е неприложимо - процедури в съответствие с принципите на системата НАССР„[2]. Поради това за всеки производител възниква необходимостта от разработване на системи за безопасност на храните. Имайки предвид спецификата на методиката по-голяма част от малките и средни производители на храни нямат необходимите знания и умения за изпълнение на поставеното от закона изискване. Това води до необходимостта да се разработи пазарен продукт, който да отговаря на нормативните изисквания и да задоволява потребността на МСП от достъпна, лесна за внедряване и използване система за оценка на безопасността на храните.

2. Необходимост от подобряване на системата за управление безопасността на храните

Съществуващите до момента разработки се основават на обемиста и неудобна за работа «хартиена» документация, която трудно се поддържа актуална. Осигуряването и контролирането на необходимите права на достъп не винаги е възможно и ефективно. Първоначалните разходи за разработване и внедряване на системата са значителни, поради необходимостта от използване на високо квалифициран персонал или наемане на консултанти за дълъг период от време.

С цел да се подобри достъпността и лесното внедряване и използване на системата от МСП се предлага тя да бъде разработена в електронен вариант, който позволява значително по-малки първоначални разходи, по-икономична поддръжка и по-добра проследимост на данните и записите в нея. Системата може да бъде предлагана като унифициран пазарен продукт с много малка необходимост от корекции по нейната структура.

3. Електронна система за управление безопасността на храните

Системата за управление безопасността на храните трябва да се основава на следните принципи[2]:

1. Определяне на всички опасности, които трябва да бъдат предотвратени, елиминирани или сведени до приемливи нива;
2. Определяне на критичните контролни точки в етапите от технологичния процес, в които контролът е от съществено значение за предотвратяване или елиминиране на опасност или свеждането ѝ до приемливо ниво;

3. определяне на критични граници в критичните контролни точки, които разделят допустимостта от недопустимостта за предотвратяване, елиминиране или свеждане до приемливи нива на опасностите;
4. Въвеждане и прилагане на ефективни процедури за мониторинг/наблюдение в контролните критични точки;
5. Определяне на корективни действия, когато вследствие на мониторинга се установи, че дадена критична контролна точка не се контролира;
6. Прилагане на постоянно изпълнявани процедури за проверка на ефикасността на мерките по т. 1 - 5;
7. Водене и поддържане на документи и записи, съизмерими с осъществяваната в обектите дейност и капацитет; посредством документите и записите се демонстрира ефективното прилагане на мерките по т. 1 - 6.

А) структура на системата

Системата се състои от следните видове документи:



Фиг. 1 Структура на електронна система за управление безопасността на храните

- Нормативни документи – закони, наредби, правилници и др., които се обновяват на всяко шестмесечие;

- Процедури – обновяват се поне 1 годишно или при необходимост;
- Работни инструкции – описват последователността на изпълнение на работните действия;
- Формуляри и записи – работните записи, генерирани от системата.

На фиг. 1 е показана йерархията на документите в системата за управление на безопасността на храните. Всички документи са в електронен вариант, като нормативните документи, процедурите и работните инструкции се дублират и на хартия, като контролирано копие. Формулярите и записите се съхраняват и попълват само в електронен вариант.

Б) нива на достъп

Контролът на достъпа до документите се осъществява на три нива:

- Ниво „Администратор на система“ – упълномощеното лице има право да променя структурата на системата, въведените формули, коефициенти за тежест на оценката, да добавя, коригира и премахва документи, да дава и отнема правомощия както на ниво „Мениджър на система“, така и на ниво „Оператор на система“
- Ниво „Мениджър на система“ – упълномощеното лице има достъп до всички документи в системата като може да ги коригира, както и да променя коефициентите на тежест на оценките, да коригира въведени записи и да дава и отнема правомощия на ниво „Оператор на система“;
- Ниво „Оператор на система“ – упълномощеното лице има достъп само до определени документи по списък, за които отговаря, като не може да ги коригира. Може да въвежда нови записи, но не и да коригира и изтрива стари такива.

Всяко едно ниво на достъп се контролира с потребителско име и парола, като се създава файл с история на действията на потребителя.

В) видове оценявани рискове и източници

Таблица 1. Оценка на компонентите на риска на етап 1	
Значимост:	Вероятност:
Много голяма степен	Напълно сигурно
В голяма степен	Почти сигурно
В малка степен	Малко вероятно
Незначително	Невъзможно

За всяка една производствена операция се анализират три вида рискове – биологични, химични и физически.

- **Биологични рискове** – свързани са с заразяването на храните с болестотворни микроорганизми;

- **Химични рискове** – заразяване на храната, с химични вещества (от вода, сол, суровини, дезинфектанти), които могат да навредят на консуматорите;

- **Физически замърсители** – попадане в храната на чужди частици от околната среда, оборудване, инвентар, персонал и др.

Съответно източниците на риск във всяко едно предприятие могат да бъдат класифицирани в една от следните категории:

- **Персонал** – служителите на предприятието, които имат контакт с храната;

- **Технология на приготвяне** – изборът на подходяща технология води до намаляване или увеличаване на рисковете;

- **Суровини** – продуктите и техните опаковки, както и опаковките, с които храната се предоставя на клиента;

- **Оборудване и инвентар** – всички съдове, прибори, инвентар и оборудване, с които храната има допир по време на нейното приготвяне;

- **Околната среда** – всички елементи(помещения, микроклимат, запрашеност и др.) на околната среда, които могат да окажат влияние на качеството на храната.

Г)методика за оценка на риска

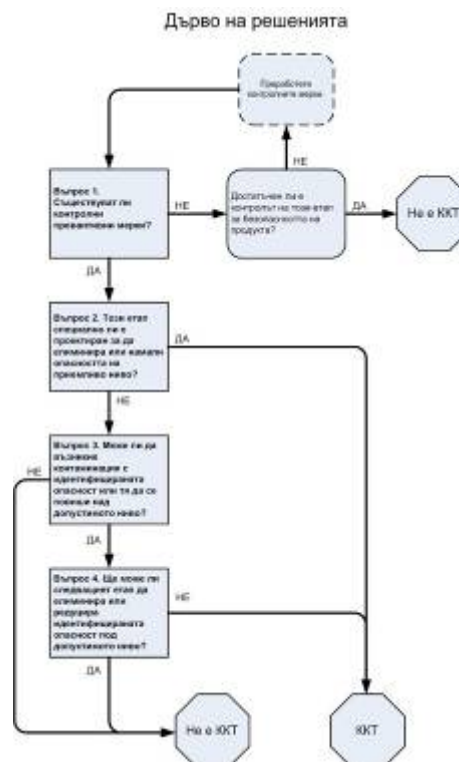
Методиката за оценка на риска е базирана на метода НАССР (Hazard analysis and critical control points)[3]. Оценката на безопасността на храните се извършва на два етапа: преди разработване и прилагане на контролни действия и след тяхното внедряване, като тя се извършва от експерти в съответната област.

На първият етап се оценява риска от всяка една производствена операция като се определя значимостта на събитието и вероятността за възникване. Използва се четири степенна скала за оценяване(Таблица 1).

Вторият етап от оценката се извършва след разработване на контролните действия за всяка една производствена операция, като се прилага Дървото на решенията, за да се определи достатъчни ли са те.

Изходите след преминаване на Дървото на решенията са два: съответната производствена операция да бъде определена като безопасна (Не е ККТ – Критична контролна точка), или като рискова(ККТ), фиг. 2. При изход „ККТ“ системата изисква да се въведат данни за отговорното лице, което ще извършва контрол, на какъв период, по какъв начин, в коя бланка ще се вписва запис. За всяка една ККТ се задават критични граници, като системата следи записите и при отклонение от нормите сигнализира за необходимостта от предприемане на коригиращи мерки.

При използване на електронната система се въвежда идентификационен код за всеки риск, съдържат следната информация: номер на



Фиг. 2 Дърво на решенията

процес, номер на производствена операция, вид риск (Б – биологичен, Х- химичен, Ф – физически), както и цветово кодиране, според категориите източници. Това позволява лесно визуално разпознаване на различните рискове и техните източници.

Необходимо е оценката на безопасността на храните да бъде преразглеждана ежегодно, за да се запази нейната актуалност и точност. Електронната система позволява това да се извършва бързо и без излишни усилия от отговорните лица.

4. Заключение

Изложената в настоящата работа електронна система за оценка безопасността на храните предлага следните по-важни предимства пред съществуващите до момента разработки:

А) системата позволява натрупване на статистически данни, които са лесни достъп и могат да бъдат филтрирани по различни критерии;

Б) продуктът позволява да се анализират настъпилите извънредни събития и последствията от тях, както и да се проследява тяхното разрешаване;

В) използването на продукта позволява да се намалят разходите по разработване, внедряване и поддръжка на системата за безопасност на храните.

Литература:

[1] Закон за храните (ДВ. бр.69, 5 Август 2008г.);

[2] Наредба №5 за хигиена на храните (ДВ. бр.55 от 7 Юли 2006г);

[3] Robert Wach, HACCP Implementation in Food Manufacturing a Practical Guide, 2012, HACCP Europa Publications

За контакти:

инж. Паолина Политова,
Факултет по морски науки и технологии,
катедра „Икономика и мениджмънт“,
Технически университет – Варна,
ул. Студентска 1, Варна, България,
e-mail: paolina.politova@mail.bg

ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЪСТЕЗАТЕЛНА ЛОДКА СЪС СЛЪНЧЕВО ЗАДВИЖВАНЕ DESIGN AND RESEARCH OF A RACING BOAT WITH SOLAR PROPULSION

Никола Петров, Владимир Йорданов, Иван Иванов, Христо Трендафилов, Вели Велиев

Abstract: The paper presents experimental research of the influence of solar radiation on the power of the generated current and the boat propeller power. In order to make better use of solar energy a ball joint on beam structure was designed and mounted for easy tilting of photovoltaics in all directions. The application of solar propulsion in the racing boat is expected to have favorable environmental effects.

Key words: racing boat, solar propulsion, design, experimental research, solar energy

1. Въведение

Приложението на фотоволтаични елементи намира все по-голямо приложение както в енергетиката така и в транспорта. В корабоплаването например електроенергията от слънчевата радиация се използва най-вече за помощни нужди, за комуникации, за хладилници и др. Най-големият плавателен съд със слънчево задвижване е швейцарският катамаран „Turanor Planet Solar“ (фиг.1) построен във Германия с дължина – 35 м. и ширина – 17 м.



Фиг.1. Соларен плавателен съд „Turanor Planet Solar“

Интересът в световен мащаб към соларните съдове е голям. Слънчевото зареждане на използваните акумулаторни батерии има редица предимства, най-важното от които е съществено увеличаване далечината на плаване, тъй като по време на плаване и през периода на престой /отдых, риболов и др./ батерията се дозарежда от слънчевото греене. За да се даде възможност за интегриране на теоретичните знания в тази

област с практиката Американското дружество на машинните инженери организира ежегодно международно състезание за инженерни студенти „Solar Splash“.

През 2013 година от 22 отбора на трето място се класира лодката „Obabas II“ (дължина-6 м, широчина-1,2 м, височина на борда-0,4 м, газене-0,1м, икономична скорост-12,5вз., материал на корпуса -карбонови нишки, капацитет на батерията-1500Wh.) от Истамбулския технически университет (ИТУ), която получи награди за пет категории.



Фиг.2. Соларен плавателен съд „Obabas II“ на ИТУ

Различни видове соларни лодки бяха представени на международната соларна регата в Москва на 26 юли 2014 г. Победител бе соларната лодка „Talisman“ на Самарския Държавен Технически Университет, която изпревари световния шампион от Монако.

За да се популяризира соларното задвижване в Технически Университет-Варна,

и най-вече сред студентите от корабните специалности, беше поставена задачата да се проектира и оборудва надувна състезателна лодка със слънчево задвижване.



Фиг.3. Соларни лодки на международната соларна регата в Москва-26 юли 2014 г.

2. Изисквания, проектиране и окомплектоване на надувна състезателна лодка със слънчево задвижване.

Проектирането и окомплектоването на състезателната лодка със слънчево задвижване бе съгласно следните изисквания:

2.1. За да не зависят резултатите на отделните състезатели от капацитета и моментните параметри на акумулаторната батерия, които са променливи във времето, беше решено захранването на електровинтовия агрегат по време на състезанието да става само от фотоволтаика, т.е. лодката да бъде без акумулатор.

2.2. За да може да се достигне една достатъчна скорост на движение, съизмерима със скоростта при гребане бе решено да се инсталира фотоволтаик с по-голяма мощност

от тази на лодката за лов и туризъм, поне 200W.

2.3. За да има повече спортен елемент в състезанието, т.е. резултатите на състезателите да не зависят само от техническите параметри на лодката, беше прието закрепването на фотоволтаика към корпуса на лодката да бъде такова, че да позволява ръчно непрекъснато изменение на ориентацията на плоскостта на фотоволтаика спрямо ъгъла на падане на слънчевите лъчи, така че генерираната електрическа мощност да е максимална. За целта състезателите освен умения по кормуване трябва да демонстрират съобразяване и с положението на слънцето и с маневрите, които извършват, така че да осигуряват перпендикулярност на фотоволтаика спрямо лъчите в пространствен (триизмерен) аспект.

За да се даде възможност за лесно наклоняване на фотоволтаика във всички направления беше решено същият да бъде монтиран посредством сферична става върху фермена конструкция, закрепена посредством специални полуцилиндрични упори /захвати/ от поликарбон към страничните балони /понтони/ на лодката. Фермената конструкция е изработена от заварени затворени /правоъгълни или квадратни/ стоманени профили.

Сферичната става се реализира посредством ябълковиден болт от кормилната система на лек автомобил. Полуцилиндричните упори, върху които е монтирана фермената конструкция се реализират посредством огъване чрез нагриване на ивици от поликарбон. Същите са „легнали“ и обхващат плътно страничните балони на надувната лодка от PVC. За да се даде възможност за лесно и удобно наклоняване на фотоволтаика във всички направления по време на плаването от състезателя само с една ръка, тъй като с другата си ръка в същото време той ще управлява лодката посредством румпела на електровинтовия агрегат, на фотоволтаика са монтирани подходящи ръкохватки.

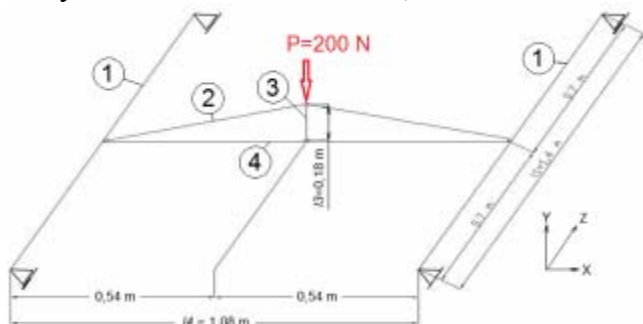


Фиг.4. Схема на фермената конструкция за монтиране на фотоволтаика

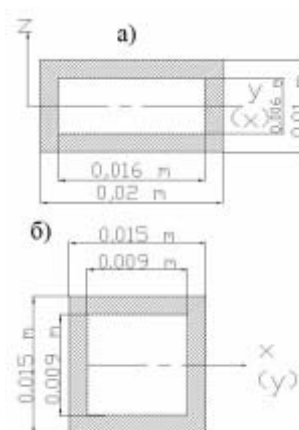


Фиг.5. Проверка подвижността на сферичната става

2.4. Извършени са якостни изчисления и якостна проверка на фермената конструкция изхождайки от условието за недопускане на големи деформации /провисвания/. Конструкцията е натоварена съгласно схемата на фиг.6 със сила $P=200\text{ N}$. Елементите на фермата са изработени от обикновена въглеродна стомана с граница на провлачване $\sigma_s=235\text{ MPa}$, опасни тангенциални напрежения $\tau_s=0,54\text{ MPa}$, $\sigma_s=134\text{ MPa}$ и модули $E=2.10^5\text{ MPa}$ и $G=0,8.10^5\text{ MPa}$.



Фиг.6. Натоварване на фермената конструкция



Фиг.7. Геометрични характеристики на напречните сечения.

Напречните сечения на греди с номера 1 и 2 са показани на фиг.7а, на гредите с номера 3 и 4 на фиг.7б, а характеристиките на напречните сечения се следните:

а/ площ на напречното сечение - F :

$$F_1=F_2=1,04.10^{-4}\text{ m}^2, F_3=F_4=1,44.10^{-4}\text{ m}^2;$$

б/ минимален инерционен момент спрямо неутралната ос - $J_{\min}$

$$J_{\min 1}=J_{\min 2}=0,131.10^{-8}\text{ m}^4,$$

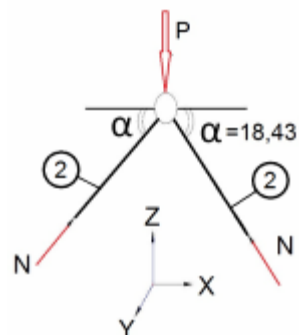
$$J_{\min 3}=J_{\min 4}=0,422.10^{-8}\text{ m}^4;$$

в/ минимален съпротивителен момент - $W_{\min}$

$$W_{\min 1}=W_{\min 2}=0,261.10^{-6}\text{ m}^3,$$

$$W_{\min 3}=W_{\min 4}=0,563.10^{-6}\text{ m}^3.$$

Якостните изчисления на фермената конструкция са извършени по следната опростена схема - фиг.8. Приемаме, че силата P се предава към гредата с №1 само чрез прътите с №2. Натисковите сили определяме от равновесието на възела, където е приложена силата P :



Фиг.8. Натоварване на допълнителните наклонени греди-поз.2 на конструкцията

$$\Sigma Z_i = 2N \cdot \sin \alpha - P = 0 \quad (1)$$

$$N = \frac{P}{2 \cdot \sin \alpha} = \frac{200}{2 \cdot 0,316} = 316,2 \text{ N} \quad (2)$$

Проверяваме гредата №2 (с дължина $l_2=0,57$ м) на устойчивост като приемаме, че гредата е закрепена свободно в двата края. Ойлеровата сила (T_o) определяме:

$$T_o = \frac{\pi^2 \cdot 2,10 \cdot 10^8}{0,57^2 \cdot 10^9} = 7,96 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \quad (3)$$

$$\sigma_o = 7,96 \cdot 10^{-3} / (1,04 \cdot 10^{-4}) = 76,5 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$\sigma_o / \sigma_s = 76,5 / 235 = 0,33 \quad (5)$$

Съгласно [1], стр.230 (фиг.54) отчитаме $\sigma_{кр} / \sigma_s = 0,33$ и следователно:

$$\sigma_{кр} = \sigma_s \cdot 0,33 = 76,5 \text{ MPa} \quad (6)$$

Критичната сила $T_{кр}$, при която гредата №2 ще загуби устойчивост е:

$$T_{кр} = \sigma_{кр} \cdot F_2 = 76,5 \cdot 1,04 \cdot 10^{-4} = 7,96 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \quad (7)$$

Коефициентът на сигурност за устойчивост е:

$$n = T_{кр} / P = 7,96 \cdot 10^{-3} / (200 \cdot 10^{-6}) = 39,8 \quad (8)$$

Полученият коефициент на сигурност $n=39,8$ е с много висока стойност и осигурява висока степен на сигурност.

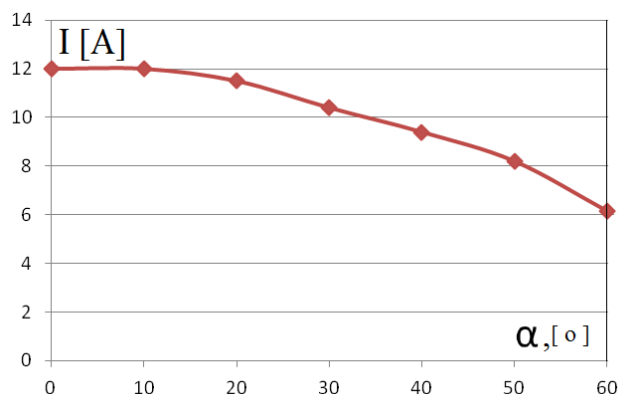
3. Изследване влиянието на ъгъла на падане на слънчевите лъчи върху силата на генерирания ток и упора на винта.

3.1. Експериментално определяне влиянието на ъгъла под който падат слънчевите лъчи спрямо плоскостта на фотоволтаика върху силата на генерирания ток.

Значението на поддържането на приблизително перпендикулярна ориентация на фотоволтаика спрямо слънчевите лъчи има значение когато те падат под наклон, спрямо водната повърхност, което е масовият случай. Ако лъчите са отвесни, поддържането на перпендикулярност не представлява проблем, независимо от маневрите. Но такъв случай на приблизително отвесни лъчи имаме само по обяд и в средата на лятото.

Измерването на ъгъла на падане на слънчевите лъчи се осъществяваше с помощта

на специален нивелиран ъгломер с подвижна стрелка, като се изменяше само ъгъла на „накренаване“ на фотоволтаика спрямо слънцето. Надлъжната ос на фотоволтаика се поддържаше приблизително хоризонтална и насочена към слънцето.



Фиг.9. Зависимост на силата на генерирания ток от ъгъла на падане на слънчевите лъчи

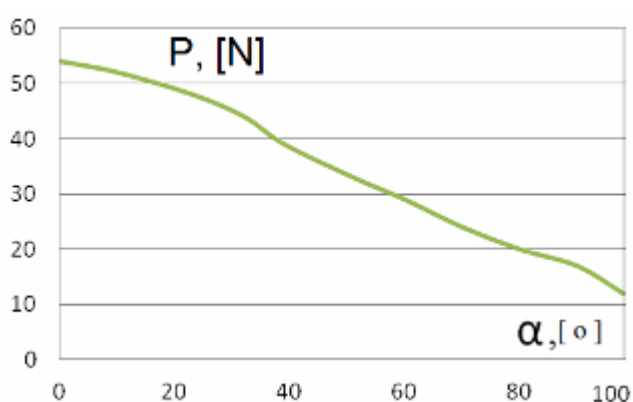
Получената зависимост показва, че силата на генерирания ток в значителна степен зависи от ъгъла на падане на слънчевите лъчи. Това съществено се отразява на скоростта на лодката, което е в зависимост от това дали състезанието се провежда през пролетта или есента или сутрин или вечер.

3.2. Експериментално определяне упора на електровинтовия агрегат в зависимост от ъгъла на падане на слънчевите лъчи спрямо плоскостта на фотоволтаика, при задвижване на състезателната лодка без акумулатор.

Упорът на гребния винт се определяше в швартови режим, при което лодката бе завързана с въже към брега, а електродвигателят беше включен на V /пета/ скорост (гл. фиг.10). Полученият при вторите изпитания упор е значително по-малък от този при предходните експерименти, тъй като хранването е само с фотоволтаик, но това е съгласно регламента.



Фиг.10.Измерване упора на гребния винта във функция от ъгъла на падане на слънчевите лъчи спрямо плоскостта на фотоволтаика



Фиг.11. Зависимост на упора на гребния винт от ъгъла на на падане на слънчевите лъчи

Получената завизимост на фиг.11 показва, че упорът очаквано съществено ще зависи от ъгъла нападане на лъчите, което в степен $\frac{1}{2}$ би се отразило на достигнатата скорост. Като се има предвид, че при експериментите се променяше само „крена“ на плоскостта на фотоволтаика спрямо лъчите, трябва да се очаква, че в подобна степен ще влияе и „диферента“. Всичко зависи от ориентацията на приетия фарватер спрямо наклона на слънцето и необходимите маневри.

Получените зависимости за генерирания ток и упора на гребния винт показват, че своевременното ориентиране на фотоволтаика и неговият наклон спрямо слънчевите лъчи има не по-малко значение от умелото кормуване за постигане на по-добър краен резултат.

Затова бе монтирана сферична става върху фермената конструкция за по-лесно наклоняване на фотоволтаика във всички

направления и по-добро използване на наличната слънчева енергия.

4.Реализиране на състезанието в крайбрежната зона в акваторията на втора буна на Варненския залив

На 19.05.2014г. беше проведено състезание между студенти от специалностите Корабостроене и Корабоводене на ТУ-Варна. Състезанието беше проведено по две дисциплини:

- Първата - „слалом“ се състоеше в изминаване на определено разстояние, маневрирайки между закотвени шамандури, като се засичаше времето с хронометър;
- Втората – „скоростна отсечка“ при която в двете посоки се изминаваше определена дистанция, като пак се засичаше времето.

Състезанието по първата дисциплина (слалом) беше спечелено от В.Велиев, а по втората дисциплина (скоростна отсечка) - от У.Тунджа.



Фиг.12. Състезателят Вели Велиев по време на „слалома“ със соларната лодка

5.Изводи и заключение

1.Проектираната и оборудвана надувна лодка снабдена със електровинтов агрегат може да се използва за отдых и риболов или за спортна (състезателна) дейност.

2. За да се реализира първото предназначение, отдых и риболов е по-удачно, същата да се снабди с фотоволтаик с мощността 120W, тъй като е по-лек(10kg).

Същият, повдигнат върху „мачти“ над главите на пътниците няма да пречи на обитаемостта на лодката и в същото време няма да застрашава устойчивостта и при плаване. Мощността на фотоволтаика ще е достатъчна да дозарежда акумулатора на лодката по време на преход или риболов.

3. За да се реализира второто предназначение на соларната лодка „състезателен вариант“ е по-удачно същата да се снабди с фотоволтаик от 230W, който да е монтиран върху специална конструкция посредством сферична става. Последната дава възможност посредством наклоняване на фотоволтаика да се използва пълната му мощност и да се откроят по-пълно съобразителността и уменията на състезателя. По-голямото тегло на фотоволтаика в този случай (20kg) не представлява опасност за устойчивостта на лодката, тъй като е разположен сравнително ниско, но в същото време по-голямата мощност дава възможност да се движи с прилична скорост (5-6km/h) без необходимост от акумулатор. Тъй като наличните у нас фотоволтаици с такава мощност са с напрежение 36 волта, е необходимо да се направи корекция в електрическата схема на фотоволтаика, която да позволи да се намали напрежението до това на електровинтовия агрегат – 12 волта и да се увеличи силата на тока.

4. Тъй като лодката е двуместна, може да бъде предвидено в регламента на състезанието тя да бъде управлявана от екип от двама състезатели. В този случай предният състезател, седнал в носовата част на лодката ще наклонява фотоволтаика, а задният състезател, седнал в кърмовата част на лодката посредством румпела ще променя курса и ще сменя скоростите. За тази цел на фотоволтаика са монтирани две ръкохватки отпред и отзад.

Литература:

- [1]. Многокорпусные суда. (под ред. В. А. Дубровского), Судостроение, Ленинград, 1978 г.
- [2]. Кисъв И., Таблици по съпротивление на материалите, Техника, София, 1977 г.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска” №1
Технически университет - Варна

доц., д-р, инж. Никола Петров
e-mail: n_petrov@abv.bg

ас., д-р инж. Владимир Йорданов,
e-mail: vyordanov@tu-varna.bg

доц., д-р, инж. Иван Иванов
e-mail: ivanivanov@tu-varna.bg

АНАЛИЗ НА УСТОЙЧИВОСТТА НА КОРАБИ ЗА ОБСЛУЖВАНЕ НА ДЕЙНОСТИ В ШЕЛФА

STABILITY ANALYSIS OF OFFSHORE SUPPORT VESSELS

Петър Георгиев, Костадин Колев, Христо Георгиев

Abstract: *In recent years there has been an increase in orders for construction of offshore support vessels (OSV). This is related to the increased number of commissioned platforms for drilling and production of oil and gas. There is some experience of the successful operation of such a vessel in Bulgaria. The OSV vessel “Enterprise” has been nominated by EMSA to combat spills in accidents in the Black Sea. Stability is an important quality for each vessel, but it must be with a particular attention to the OSV due to various operations being carried out by those vessels. The analysis is performed by evaluating the maximum permissible KG for different ship hulls obtained by affine transformation of parent hull form..*

Keywords: *Affine transformations, maximum permissible KG, OSV, stability.*

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Търсенето и добиването на суровини се премества с бързи темпове от сушата към крайбрежните зони, а в наши дни - на значителни разстояния от брега. Тези дейности са немислими без черноработниците в офшорната индустрия - снабдителните кораби (OSV - *Offshore Support Vessels*). Макар и не големи като размери, те са натоварени с множество функции, които ги правят сложни както за проектиране така и постройка и експлоатация.

Офшорната дейност в шелфа на България не е особено богата и се изразява с работата на платформа „Галата“ за добив на газ, предстоящите проучвания за нефт и газ в българските сектори на Черно море и прокарането на тръбопровода “Южен поток”. Всички дейности в шелфа на България в момента се обслужват от кораба "Ентърпрайз" собственост на фирмата “Бон Марин Интернешънъл”. Корабът е номиниран от EMSA (European Maritime Safety Agency) за борба с разливи при аварии в Черно море, за което той е съответно преоборудван.

От специфичните качества на корабите, е избрана и анализирана устойчивостта - важно качество за всеки кораб, но от особено значение отчитайки разнообразните операции, извършвани от OSV. Анализът на устойчивостта се изразява в оценка на изменението на максимално допустимата

апликацията на ЦТ при предварително задаване на безразмерни отношения на главните размери и афинни преобразования на корабната форма.

2. ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА OSV

Абревиатурата OSV е станала нарицателна в специализираната литература. Тя може да означава *Offshore Supply Vessel*, но и по-често използваното *Offshore Support Vessel*. На български е популярно наименованието “*снабдителен кораб*”. В текста на изложението ще се използва съкращението OSV, като универсално.

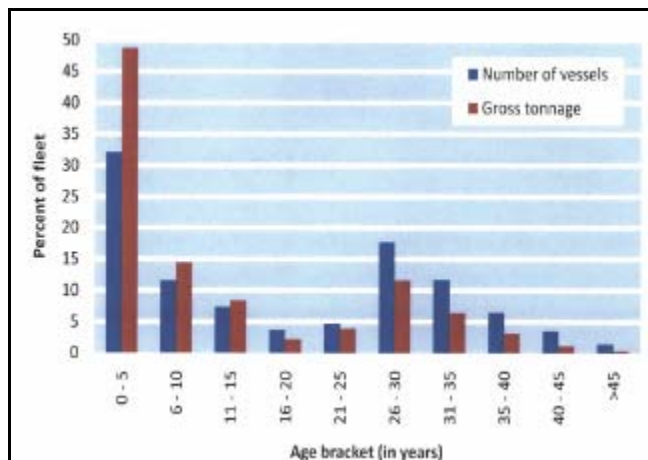
Съществуват няколко типа кораби за обслужване на различни дейности в офшорната зона, като част от тях са представени накратко в следващото изложение.

2.1. Възраст на корабите

Подробно изследване на структурата на флота към 2011 е представено в [1]. В този анализ корабите са групирани в четири категории: 1) AHTS (*Anchor handling tug supply*); 2) PSV (*Platform Supply Vessels*); 3) Crewboats; 4) MPCV (*Multi-purpose construction vessels*). Последната група е многоцелеви кораб с различни възможности за инсталация, обслужване и ремонт на морски съоръжения.

Средната възраст на корабите от анализираните категории е малко под 18 години, която е почти 5 години по-малка от

възрастта през 2005. Данните са обобщени на Фиг. 1.



Фигура 1. Разпределение на корабите по възраст [1]

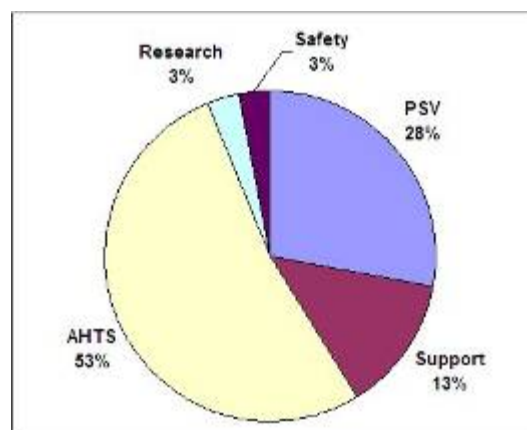
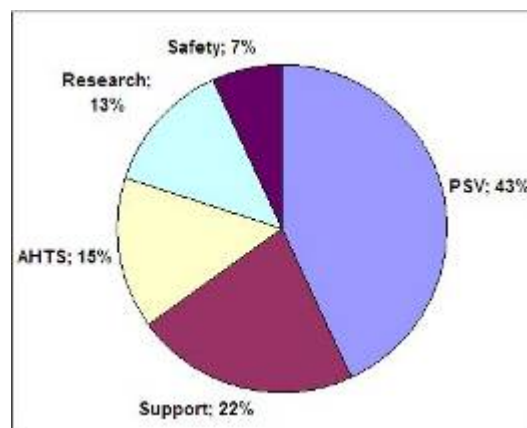
Първият извод е, че около 50% от флота по отношение на тонажа е под 5 години, и около половината от общия брой кораби е на възраст под 18 години. Авторът в [1] разделя флота на “нов” и “стар” и прави заключението, че старият флот се състои от голям брой кораби, който не води до значителен процент от тонажа, както това е валидно за новите кораби. Причината е старите кораби не са проектирани за сегашните нужди на дълбоководни сондажи, отдалечени на по-големи разстояния от брега.

2.2. Структура на флота

Съвременния флот от OSV наброява над 8000 кораба с общ GT над 10 млн. [2] Разпределението по брой между съществуващите и поръчани кораби от всеки тип са представени на Фиг. 2. Най-голям дял имат PCV и AHTS както при наличния флот така и при поръчките.

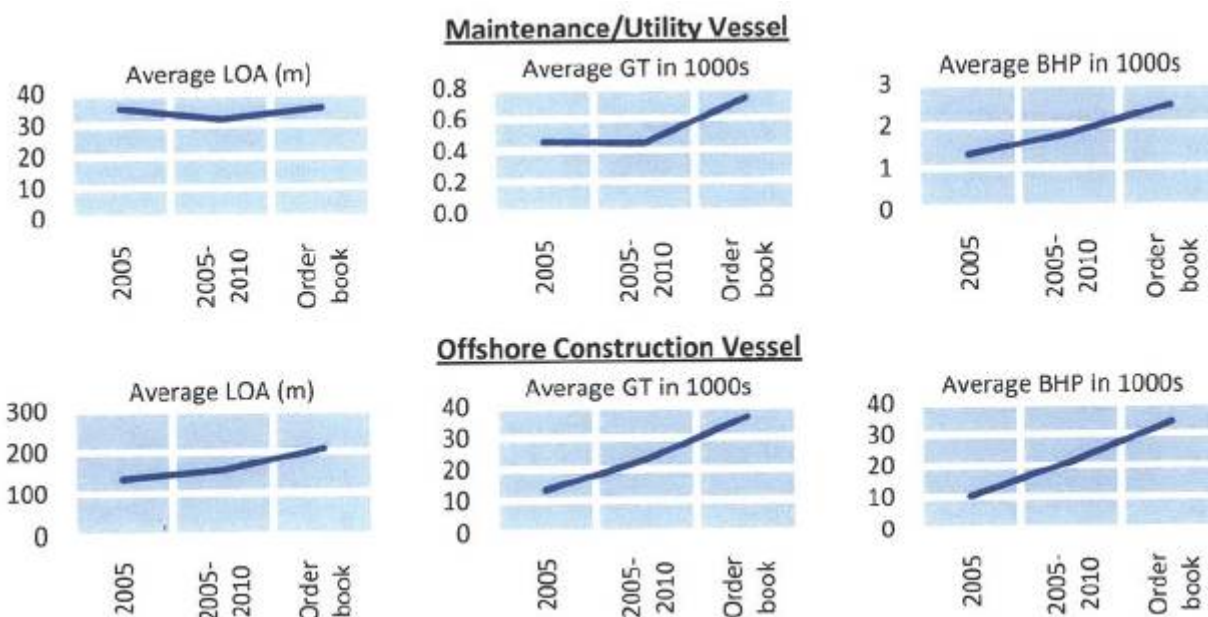
2.3. Тенденции при различните групи кораби

За да се добие представа за тенденциите и при други типове кораби, са представени данните от [2], където графично са показани тенденциите в изменението на: максималната дължина – LOA; средния бруто тонаж – GT и мощността на двигателя – ВНР. Графиките очертават следните тенденции:



Фиг. 2. Процентно разпределение на съществуващия флот (горе) и направените поръчки (долу) по типове към юни 2010 [2]

- Докато поръчките за АНТ/salvage корабите са за такива с по-малка дължина, и значително намалена мощност, то поръчаните АНТ и АНТС кораби са с по-голяма дължина, по-голям тонаж, без да се увеличава мощността.
- За *Offshore construction* и *Offshore maintenance* кораби тенденциите и за трите показатели са нагоре, което е свързано вероятно с увеличените изисквания към товароподемността при проектите в шелфа на по-голяма дълбочина.
- При OSV корабите тенденциите са за запазване на показателите при новите поръчки.



Фиг.3. Тенденции в LOA, GT и BHP от 2005 до 2011 и при поръчките за различни типове кораби [2]

Според [3] бъдещото развитие на OSV се заключава в следното:

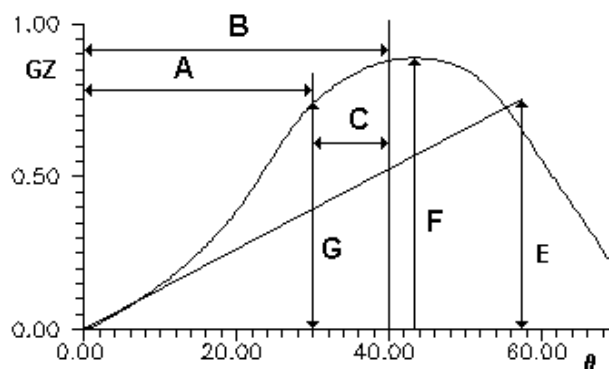
- Ще продължат да се строят по-големи и многофункционални кораби, което може да доведе до скок в предлагането в сравнение с търсенето;
- Повече офшорни кораби за доставка, ще имат системи за динамично позициониране, а много от тях ще бъдат модернизирани с монтирането на такива от по-висок клас;
- Очаква се фокусиране на усилията на IMO за прилагане на енергийната ефективност чрез EEDI (*Energy Efficiency Design Index*) към снабдителните кораби. Тези правила са задължителни за търговските кораби от 1 януари 2013 година;
- Независимо от IMO наемателите на OSV ще търсят високо ефективни кораби;
- Новите офшорни кораби, ще имат по-големи, по-тихи жилищни помещения, които да отговарят на изискванията на Правилата и нуждите на екипажите;
- Очаква да се увеличи броят на лицата, които могат да бъдат на борда на кораба след финализиране на разработваните Правила от IMO.

3. АНАЛИЗ НА УСТОЙЧИВОСТТА

Отчитайки особеностите в експлоатацията на OSV - разполагане на палубен товар; едновременно превозване и на течни товари с възможна свободна повърхност; стремеж за универсалност и изпълняване на няколко функции; изпълнение на спешни операции, без достатъчно време за планиране, се поставя като актуален въпроса за устойчивостта на тези кораби.

3.1. Критерии за устойчивост на OSV

Критериите за устойчивостта на OSV са дадени в *Intact Stability Code* (IS Code [4]). Тези критерии са дефинирани в Part B Ch. 2.4. Там се прави препратка към Ch. 2.2, които правила са приложими за всички търговски кораби (Фиг.4).



Фиг. 4. Схема на изискванията към устойчивостта

Разгледани са следните критерии:

- Площта под диаграмата на статична устойчивост (GZ крива) не трябва да бъде по-малка от 0.055 mrad до ъгъл на крен $\theta = 30^\circ$ (А), и не по-малка от 0.09 mrad до ъгъл на крен $\theta = 40^\circ$ или ъгълът на заливане θ_f ако той и по-малък (В). В допълнение, площта под диаграмата между ъглите на крен 30° и 40° или между 30° и друг ъгъл θ_f , ако този ъгъл е по-малък от 40° , трябва да бъде не по-малка от 0.03 mrad (С).
- Началната метацентрична височина GM, трябва да бъде не по-малко от 0.15 m. (Е)
- Рамото на устойчивост трябва да бъде най-малко 0.20 m при ъгъл на крен равен или по-голям от 30° (F) ;
- Максималната стойност на рамото на статична устойчивост $GZ_{\max}$, трябва да бъде при ъгъл не по-малък от 25° ;

Ако характеристиките на кораба са такива, че не могат да се удовлетворят изброените критерии се допуска използването на алтернативни критерии (Ch. 2.4.5 [4]). Те се прилагат за кораби с дължина до 100 m . Тези алтернативни критерии са:

- Площта под диаграмата на статична устойчивост (GZ крива) не трябва да бъде по-малка от 0.07 mrad до ъгъл на крен $\theta = 15^\circ$, когато максималното рамо се намира при 15° и не по-малка от 0.055 mrad до ъгъл на крен $\theta = 30^\circ$, когато максималното рамо е при ъгъл на крен 30° и по-голям. Когато максималното рамо на диаграмата е между 15° и 30° , то площта под диаграмата трябва да бъде: $0.055 + 0.001(30^\circ - \theta_{\max})$, mrad, където $\theta_{\max}$ – ъгълът на максималното рамо.
- Критерии F, E (виж по-горе)
- Максималната стойност на рамото на статична устойчивост $GZ_{\max}$, трябва да бъде при ъгъл не по-малък от 15° .

3.2. Максимално допустима апликаата на ЦТ-KG_{max}

Анализът на устойчивостта е извършен по отношение на критериите А, В, С и Е. За всеки от тях е определена максимално

допустимата апликаата на ЦТ – $KG_{\max}$, при която критерият се изпълнява точно. Стойностите на $KG_{\max}$ свързани с диаграмата на статична устойчивост се пресмятат от

$$GZ(\theta) = KN(\theta) - KG \cdot \sin \theta \quad (1)$$

където: KN – рамо на устойчивост на формата; KG – апликаата на ЦТ; θ – ъгъл на крен. Например, за критерий А максимално допустимата апликаата ще удовлетворява равенството

$$A_{30} = \int_0^{30} GZ(\theta) d\theta = \int_0^{30} [KN(\theta) - KG \sin \theta] d\theta = \int_0^{30} KN(\theta) d\theta - KG \int_0^{30} \sin \theta d\theta = 0.055 \quad (2)$$

От израз подобен на (2) и аналогични разсъждения за останалите критерии се получава:

$$KG_{\max}^{(A)} = \frac{0.055 - I_{30}}{(\cos 30 - \cos 0)} \quad (3)$$

$$KG_{\max}^{(B)} = \frac{0.09 - I_{40}}{(\cos 40 - \cos 0)} \quad (4)$$

$$KG_{\max}^{(C)} = \frac{0.03 - (I_{40} - I_{30})}{(\cos 40 - \cos 30)} \quad (5)$$

$$KG_{\max}^{(E)} = KM - 0.15 \quad (6)$$

където:

$$I_{30} = \int_0^{30} KN(\theta) d\theta ; I_{40} = \int_0^{40} KN(\theta) d\theta \quad (7)$$

3.3. Афинни преобразования на корабната форма

При афинни преобразования, новата корабна форма се получава на базата на съществуваща (прототип) чрез мащабиране на главните размери – дължина - L, широчина - B и височина (газена) – D (T).

Нека приемем следните три съотношения за параметри на новия и съществуващия кораб – r_1 , r_2 и r_3

$$r_1 = \frac{\nabla}{\nabla_0} ; r_2 = \frac{L / \nabla^{1/3}}{L_0 / \nabla_0^{1/3}} ; r_3 = \frac{B / T}{B_0 / T_0} \quad (8)$$

С индекс “0” са параметрите на кораба прототип. Отношенията $r_1 - r_3$ могат да се

свържат с параметрите и качествата на новия кораб: r_1 – водоизместване, r_2 – ходкост и r_3 – устойчивост. Проектирането на нов кораб може да се основава на модификация на съществуващ проект. Проведеният анализ ще покаже до каква степен приетите стойности на трите съотношения предопределят качествата на кораба.

Ако приемем следните отношения на главните размери

$$K_L = \frac{L}{L_0}; \quad K_B = \frac{B}{B_0}; \quad K_T = \frac{T}{T_0} \quad (9)$$

и отчетем, че $\nabla = K_L \cdot K_B \cdot K_T \cdot \nabla_0$, то ще се получи следното:

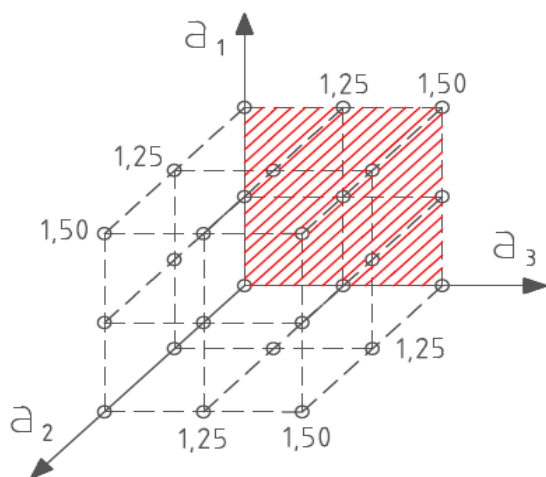
$$K_L \cdot K_B \cdot K_T = r_1; \quad \frac{K_L^2}{K_B \cdot K_T} = r_2^3; \quad \frac{K_B}{K_T} = r_3 \quad (10)$$

От съвместното решаване на уравнения (10) се получава:

$$K_L = r_1^{1/3} \cdot r_2; \quad K_B = r_1^{1/3} \cdot \sqrt{\frac{r_3}{r_2}}; \quad K_T = \frac{r_1^{1/3}}{\sqrt{r_2 \cdot r_3}} \quad (11)$$

Чрез формули (11) може да се пресметнат коефициентите за мащабиране на главните размери, при зададени стойности на съотношенията r_1 - r_3 .

Ако приемем, две нови стойности за r_1 , r_2 , r_3 то можем да получим $3^3 - 1 = 26$ нови варианта на кораба базирани на този прототип. Нагледно вариантите са представени на Фиг. 5 при стойности на r_1 - $r_3 = 1.0$; 1.25 и 1.50.



Фиг. 5. Варианти на кораби при изменение на съотношенията r_1 - r_3 (на графиката означени с a_1 - a_3)

В анализът се използват само три от вариантите на кораба (Табл. 1) с промяна на съотношението r_1 и r_3 :

Табл. 1. Параметри на изследваните варианти

Параметър	Var 0	Var 1	Var 2
r_1	1	1.25	1.50
r_2	1	1	1
r_3	1	1.25	1.50
K_L	1.00	1.0771	1.1454
K_B	1.00	1.2043	1.4022
K_T	1.00	0.9638	0.9348

Координатите на всяка точка от новата корабна форма се получава от:

$$x = x_0 \cdot K_L; \quad y = y_0 \cdot K_B; \quad z = z_0 \cdot K_T \quad (12)$$

3.4. Последователност на анализа

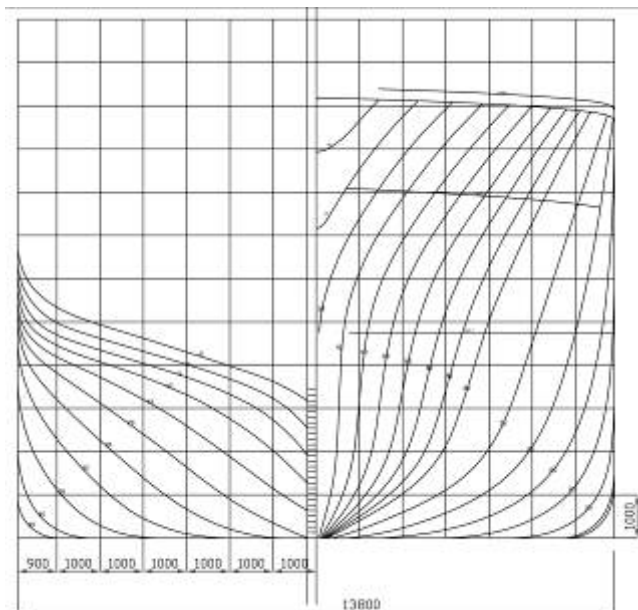
Последователността на провеждане на анализа е следната:

- На базата на данните за ребрата на кораба прототип, се пресмятат новите координати за Var1 и Var2;
- Данните са въвеждат в ModelMaker на софтуерната система Autoship;
- Чрез програмата AutoHydro се пресмятат хидростатичните елементи и рамената на устойчивост на формата (пантокарени) за трите варианта за определен диапазон от газения;
- За трите корабни форми се определят максимално допустимите апликати на ЦТ, и се намира общата крива на KG_{max} . Пресмятанията се извършват, като се използва числено интегриране по правилото на трапеците;
- Получените максимално допустими апликати на ЦТ за двете нови корабни форми се съпоставят и се правят съответните изводи.

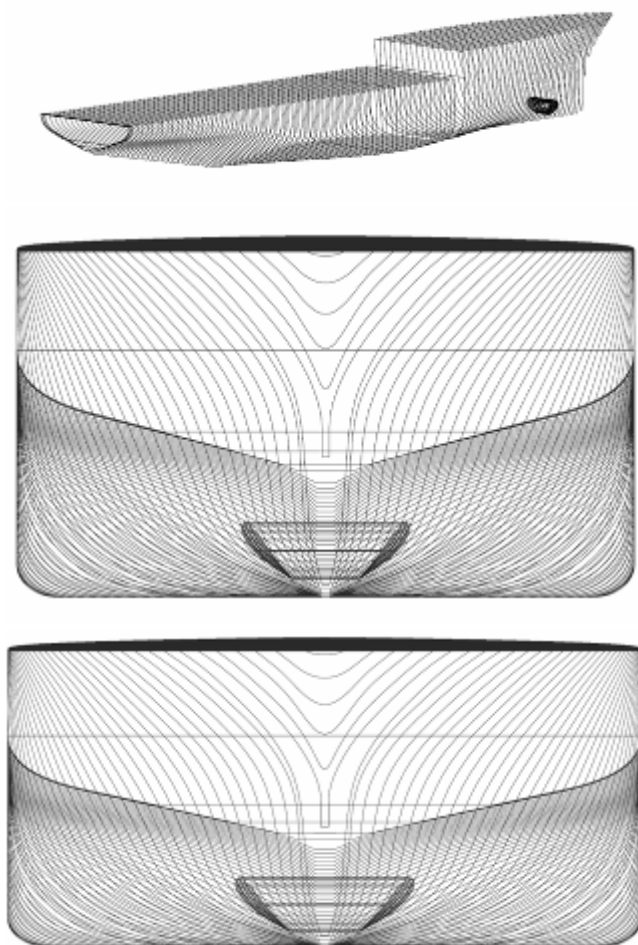
3.5. Резултати

На Фиг. 6 е представена проекция корпус на прототипната корабна форма. Главните размери на прототипа $L/B/D$ са 56.40/13.80/6.90 m. На Фиг. 7 е представен Var1 и Var2, получен чрез афинно преобразуване. На фигурата е представено и

изометрично изображение на корпуса на кораба.

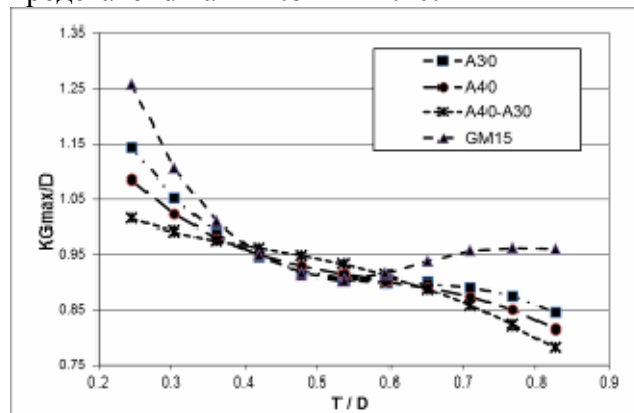


Фиг. 6. Проекция корпус на прототипа

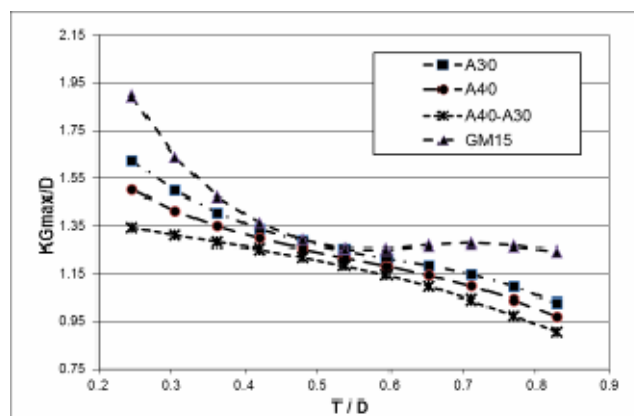


Фиг. 7. Корабната форма на Var1 (горе) и Var2 (долу)

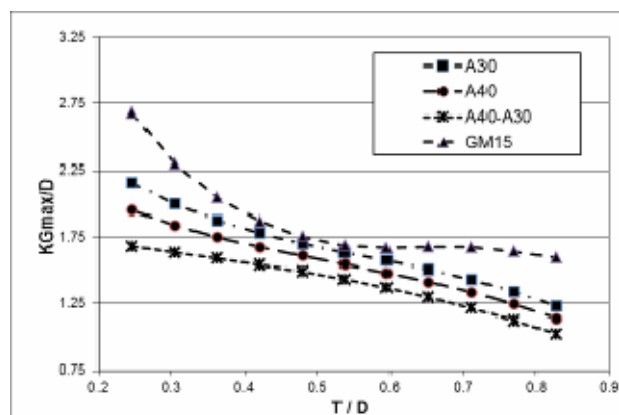
Апликатата $KG_{\max}$ отнесена към височината на борда D в зависимост от относителното газене T/D за вариантите е представен на Фиг.8 – Фиг.10.



Фиг. 8. Относителна $KG_{\max}$ за Var0



Фиг. 9. Относителна $KG_{\max}$ за Var1

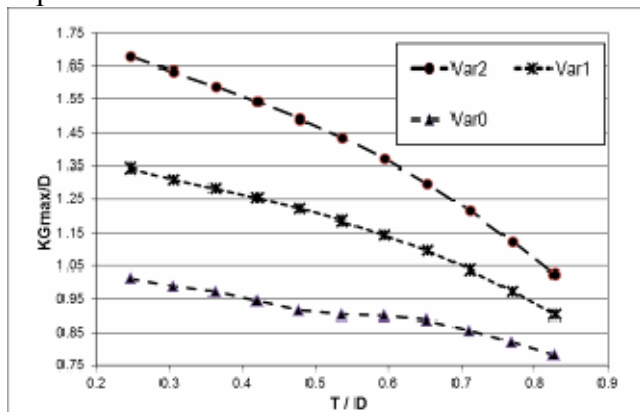


Фиг. 10. Относителна $KG_{\max}$ за Var1

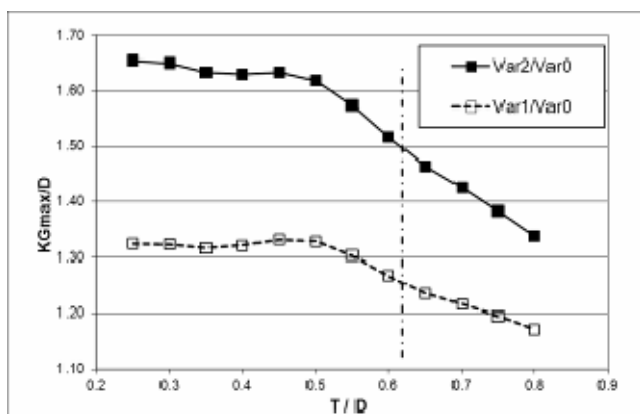
От тези фигури ясно се вижда, че с увеличаване на отношението B/T се увеличава максимално допустимата аплика на ЦТ отнесена към височината на борда. Променя се и структурата на лимитиращите критерии, като изискването за метацентричната

височина става неактивно, при увличиване на В/Т.

На Фиг. 11 и Фиг. 12 са съпоставени граничните криви за $KG_{\max}/D$ при трите варианта.



Фиг. 11. Съпоставка на граничните криви $KG_{\max}/D$ за разгледаните варианти.



Фиг. 12. Съпоставка на увеличението на $KG_{\max}/D$ за Var1 и Var2 спрямо Var0.

На Фиг. 12 са показани стойностите за Var 1 и Var 2 отнесени към тези за изходния вариант.

Беглият поглед на кривите от Фиг. 11 и 12 показва, че относителните максимално допустими апликати на ЦТ на вариантите 1 и 2 са по-големи от тези на кораба прототип. Това увеличение за диапазона от относително газене 0.25 – 0.80 е в границите на 17 – 32 % за Var1 и 34 - 65% за Var2. При по-големите газения, увеличението намалява по стойност. Прави впечатление (без да се търси причината за това), че при една и съща стойност на газенето $T/D = 0.62$, увеличението на $KG_{\max}$ е с 25% при Var1 и 50% за Var2, което съвпада със зададеното увеличение на отношението В/Т на кораба прототип.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Темата на изследването е свързана с определен тип кораби, които не са добре познати в българската практика, но се счита, че за в бъдеще те ще се срещат все по-често в крайбрежните води на България. Представени са особености и тенденциите за развитието на някои от най-често използваните типове кораби:

- Дейностите по търсене и добиване на нефт и природен газ се изместват все по-далеко от брега, и обслужващите кораби стават по-големи с основен стремеж за по-голяма универсалност;
- Съчетаването на няколко дейности, води до сериозни проблеми при проектирането на кораба и отчитането на различни изисквания;
- Сериозен проблем за тези кораби може да бъде тяхната устойчивост, поради естеството на работа – превозване на товари на палубата; приемане на течни товари със свободни повърхности; дейности в сложни метеорологични условия; действия в условия на спешен случай и др.

Извършен е анализ на критериите за устойчивост за OSV при различни корабни форми, чрез сравняване на относителните максимално допустими апликати на ЦТ за диапазон от газения на кораба. Използвана е типична форма на OSV, като са разгледани два нови варианта, получени чрез афинни преобразования. Коефициентите за мащабиране на координатите са получени чрез предварително зададено увеличение на водоизместването и отношението В/Т на новите варианти с 25% и 50 % спрямо прототипа. Целта е да се оцени количествено влиянието върху устойчивостта на отношението В/Т при кораб с по-голямо водоизместване. На базата на получените резултати могат да се направят следните първоначални изводи:

- При увеличаване на отношението В/Т и водоизместването с 25% спрямо прототипа, се достига увеличение на максимално допустимата апликация на ЦТ в диапазона 17% до 32%, като по-голямата стойност е при малките газения

- При същото увеличение с 50%, се достига увеличение на максимално допустимата аплика на ЦТ в диапазона 34% до 65%, като по-голямата стойност е при малките газения.
- Прави се хипотезата (която се нуждае от допълнително доказване), че това се изменя линейно, и например при 30% увеличение на водоизместването и отношението В/Т, увеличението на KG_{max}/D ще бъде в границите на 20.4 – 40.2 %.
- Направеното изследване показва количественото изражение на известен на корабните архитекти факт, че отношението В/Т влияе чувствително на устойчивостта на кораба

Представеният анализ може да бъде продължен и по отношение на третия параметър r_3 , свързан с относителната дължина на кораба, като тук може да се анализира изменението на съпротивлението на кораба, при изменение на относителната дължина.

Литература

- [1]. Rose, R.S. K. Future Characteristics of Offshore Support Vessels. Master thesis. MTI, February 2011
- [2]. de Jong, Gijsbert, Othman Kadir. Regulatory developments and their practical implementation in today's rapidly developing OSV & tug markets. Tugs & Offshore Support Vessels, Asia 2010 Kuala Lumpur, 7 & 8 October 2010
- [3]. Wells, R. The Past, Present, and Future of Offshore Supply Vessel. USCG Proceedings, Winter 2013–2014, pp 63- 66.
- [4]. RESOLUTION MSC.267(85) ADOPTION OF THE INTERNATIONAL CODE ON INTACT STABILITY, 2008 (2008 IS CODE)

За контакти

Петър Георгиев
доц. д-р
Технически университет - Варна
Зам. Декан НКР на КФ
e-mail:petar.ge@tu-varna.bg

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА РЕЖИМА ПРИ ЕЛЕКТРОДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ НА КОНСТРУКЦИОННА СТОМАНА С ПОВИШЕНА ЯКОСТ

DETERMINING THE PARAMETERS OF THE REGIME OF ARC WELDING OF HIGH-STRENGTH STEEL

Дичев Пл.Д., Димов Е.В., Аргиров Я.Б.

Abstract: This article is a stage of a comprehensive study on the setting of the mode of manual arc welding of low-carbon and low-alloy steel ALDUR700QL without application of preheating. A metallographic analysis is realized with butt-welded steel details AUDUR700QL, and electrodes OK75.75. (ESAB).

Key words: low-carbon, low-alloy, steel, high-strength, metallographic analysis, heat treatment, arc welding

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Основната задача на настоящата работа е определянето на режима на ръчно електродъгово заваряване на основен метал ALDUR700QL : EN 10204-3.1.B, отговарящ на стомана S690QL : EN 10025-6 (Thyssen Krupp Steel), w.No1.8988. Търговско наименование на стоманата N-A-XTRA®700/1/.

Целта на изследването е увеличаване на технологичните възможности за внедряване на стомана ALDUR700QL в корабостроителното производство и кораборемонта. Изследването е продължение на получените резултати в работи [2] и [3].

В таблици 1 и 2 са показани, химическия състав и механичните свойства на образците от основен метал, стоман ALDUR700QL. Стойностите показани в таблиците са от сертификат за качество на пробни тела от фирма „VOEST ALPINE”.

Табл.1.Химичен състав на конструкционна стоман

Марка Стоман	Химичен елемент, %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mo	V	N	P	S
AUTUR700QL	0.092	0.39	1.63	0.16	0.16	0.096	0.01	0.21	0.032	0.005	0.013	0.001

Табл.2.Механични характеристики на стоман ALDUR700QL

Марка на електрода	Якост на опън	Граница на провлачване	Относително удължение	Работа на удар			
				As	Av/J/		
	Rm	Re		%	(-40°C)		
	/MPa/	/MPa/					
ESAB:					- 20°C	20°C	40°C
OK 75.75.	820	755	20	-	85	70	55

Механичните характеристики на проката са получени след закаляване във вода до 920°C за 12 мин. и отвърщане от 580°C на въздух за 33 мин., при дебелина на основния метал 12 мм.

Въглеродният еквивалент, $C_{екв.}=0,45\%$ е определен по формула [4]:

$$C_{екв.}=C\%+(Mn/6)\%+(Cr+Mo+V)/5,\%+(Ni+Cu)/15,\% \quad \% \quad (1)$$

Стойността на въглеродният еквивалент показва, че стоманата е незакаляема или слабокаляема при електродъгово заваряване[1].

В таблица 3 и 4 са показани химическия състав и механичните характеристики на наварения метал с електроди марка OK75.75.(ESAB) [5].

Табл.3.Химичен състав на наварения метал

Марка на електрода	Стандарт	Химичен елемент						
		%						
ESAB:	EN(DIN):E69	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo	
OK 75.75.	4Mn2NiCrMoB42H5	0.05	0.3	1.8	2.2	0.3	0.4	

Табл.4.Механични характеристики на наварения метал

Механична характеристика	Якост на опън	Граница на провлачване		Относително удължение	Работа на удар
		Re	Rp0.2		
	Rm	/MPa/	/MPa/	A5/%/	Av/J/
	/MPa/	/MPa/	/MPa/		(-40°C)
Стойност	868	850	837	14,4	30-60 ср.48

Заваряване с избрания за даденото изследване електрод, се осъществява с електрически ток DC+ и е предназначено за работа във всички пространствени положения.

За заваряване на основен метал с дебелина 12мм., режима на работа е следния:

- диаметър на електрода, $d_e=3,2 \text{ mm}$;
- сила на заваръчния ток, $I=130 \text{ A}$;
- работно напрежение, $U=24 \text{ V}$;
- скорост на заваряване, $V_s=4 \text{ m/h}$ ($0,11 \text{ cm/s}$);
- температура на околната среда, $T=20^\circ\text{C}$;
- размери на опитните образци $180 \times 180 \times 12 \text{ mm}$

Температура на предварително подгряване T_0 , се определя по формулата на Сефериан [5].

$$T_0 = 350 \sqrt{C'_{\text{екв}} - 0,25}$$

$$C'_{\text{екв}} = C_{\text{екв}}(1 + 0,005\delta)$$

където:

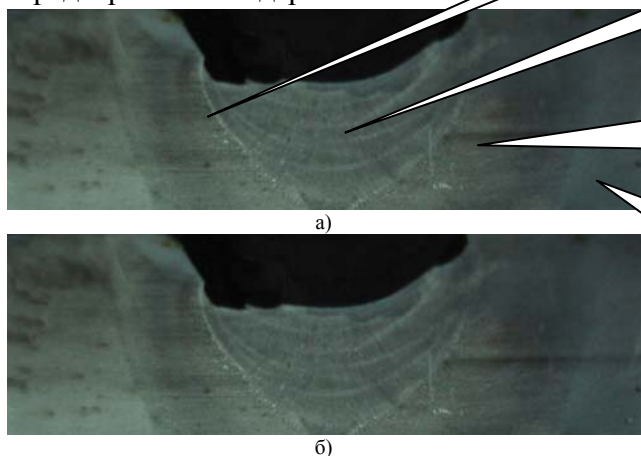
- δ -дебелина на основния метал
- $C_{\text{екв}}$ -химичен въглероден еквивалент
- T_0 -температура на предварително подгряване $156,5^\circ\text{C}$.
- $C'_{\text{екв}}$ обобщен въглероден еквивалент

Мигновенна скорост на охлаждане при избрания режим на заваряване, без прилагане на предварително подгряване е:

$$T_{\text{Аг1}} = 720^\circ\text{C}; w = -12,08^\circ\text{C/S}$$

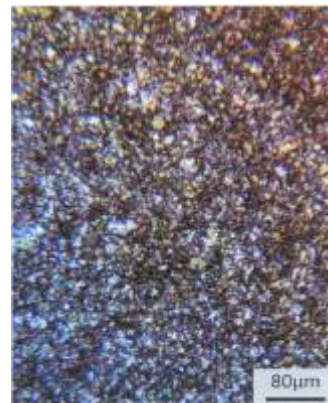
$$T = 500^\circ\text{C}; w = -3,89^\circ\text{C/S}$$

На фиг.1 е показан макрошлиф на челно заварено съединение изпълнено на един слой с уточнените режими без предварително подгряване.

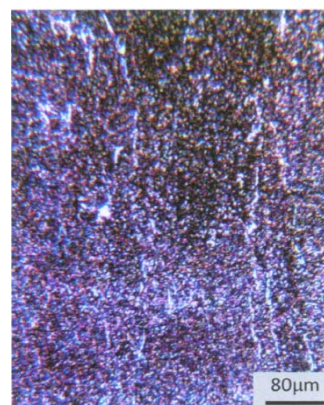


Фиг.1.Макрошлиф на челно заварено съединение(един слой):
а)схема, б)шлиф

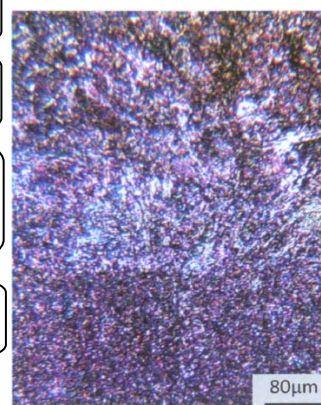
На фиг. 2, 3, 4 и 5 са показани микроструктури на:
основен метал, метал на шева, граница на сплавяване и зона на термично влияние.



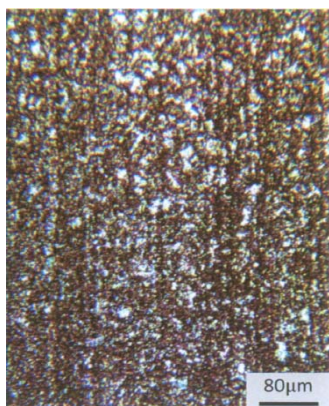
Фиг.2.Микроструктура на основния метал



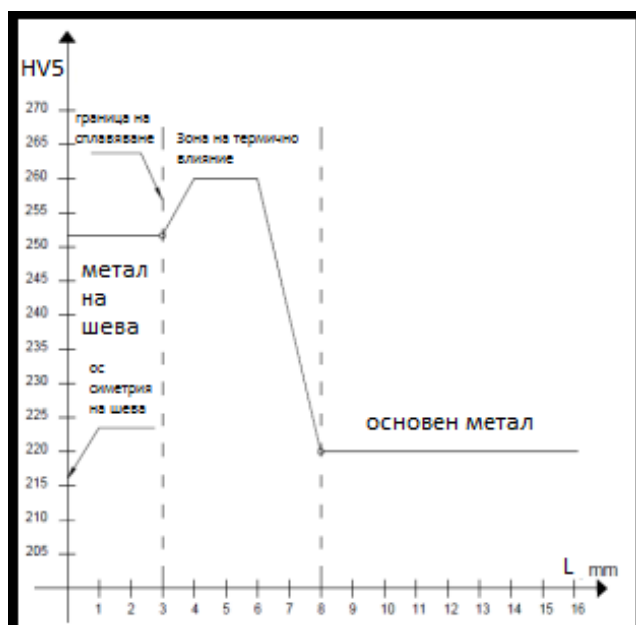
Фиг.3.Микроструктура на метала на шева



Фиг.4.Микроструктура на границата на сплавяване



Фиг.5.Микроструктура на зоната на термично влияние



Фиг.5.Структура на шева в зоната на термично влияние

От металографският анализ и от разпределението на твърдостите HV5(фиг.6), структурата в зоната на термично влияние е ферито-перлитна с наличието на неравновесни междинни структури. При съпоставяне на получените резултати с тези от работа [2], установяваме, че при заваряване на дадената стомана, можем да използваме двата вида електроди (OK75.75 или OK 75.78).

ИЗВОДИ:

1.Избрани са заварочните материали за заваряване на ниско въглеродна ниско легирана стомана ALDUR700QL и са определени режимите на ръчно електродръгово заваряване.

2.Реализиран е металографски анализ на заварена стомана ALDUR700QL еднослойно с електроди OK75.75, показващ отсъствие на макро и микро дефекти.

3.По нататъшните изследвания трябва да продължат с изпълнение на многослоен заваръчен шев при спазването на технологичните условия показани в настоящата работа.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1].Thyssen Krupp Steel,Material Specifications,Duisburg,"SEXAR en "(Edition 10/2007).- 57p.
- [2].Дичев Пл.Д., Определяне режимите на заваряване на нисковъглеродна нисколегирана стомана с повишена якост, "Машиностроителна техника и технологии", НТС,ТУ-Варна , №1,2014.41-43с.
- [3].Дичев Пл.Д.,Димов Е.В.,Параметри на режима при електродръгово заваряване на стомана S 690 QL ,Транспорт,екология,устойчиво развитие,ЕКОВАРНА 2014,№1 ТУ-Варна.
- [4].Алешин Г.Г.,Сварка Н.П., Чернышев.Резка.Контроль, Справочник,Том1,Москва, "Машиностроение",2004.-624с.
- [5].Кратък"Продуктов каталог консумативи за заваряване,ЕСАБ и електроди Ихтиман АД, гр Ихтиман, 2010.-35с.
- [6].Андреев С.Б.,Головченко В.С., Горбач В.Д.,Руссо В.Л., Основы сварки судовых конструкций , С.-Петербург, "Судостроение"2006.-552с.

За контакти:

9010 Варна, ул. "Студентска"1
 Технически университет -Варна
 доц. д-р инж. Пламен Дичев
 e-mail: p_dichev@abv.bg
 гл.ас. д-р. инж. Ярослав Аргиров
 e-mail: jaroslav.1955@abv.bg
 инж.Евгени Димов
 e-mail: evgeni_v_dimov@abv.bg

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА РЕЖИМА ПРИ ЕЛЕКТРОДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ НА СТОМАНА С ПОВИШЕНА ЯКОСТ И С ПРИЛАГАНЕ НА ТЕРМООБРАБОТКА

DETERMINING THE PARAMETERS OF THE REGIME OF ARC WELDING OF HIGH-STRENGTH STEEL WITH PRELIMINARY THERMAL PREPARATION

Димов Е.В., Дичев Пл.Д., Аргиров Я.Б.

Abstract: The research phase of work involves determining the technological regime of manual arc welding of steel ALDUR700QL by applying preheating and subsequent heat treatment.

It is realized by the metallographic analysis of welded steel plates ALDUR700QL.

Key words: low-carbon, low-alloy, steel, high-strength, metallographic analysis, heat treatment

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Целта на настоящото изследване е увеличаване на технологичните възможности за внедряване на стомана ALDUR700QL в корабостроенето, кораборемонта, строителството на морски съоръжения и др. Изследването е етап от работа свързана с определяне на заваряемостта на стомани с повишена якост [1] и [2].

В табл.1 и 2 са показани химическия състав и механичните характеристики на основния метал на образци от стомана ALDUR700QL. Резултатите показани в таблиците са от сертификат за качество на пробните тела на фирмата VOEST ALPINE.

Табл.1. Химичен състав на конструкционна стоман ALDUR700QL

Марка Стоман	Химичен елемент, %											
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Al	Cu	Mo	V	N	P	S
AUTDUR700QL	0.092	0.39	1.63	0.16	0.16	0.096	0.01	0.21	0.032	0.005	0.013	0.001

Табл.2. Механични характеристики на стоман ALDUR700QL

Механична характеристика	Якост на опън	Граница на провлачване		Относително удължение	Работа на удар
	Rm	Re	Rp0.2	A5/%	Av/J/ (-40°C)
	/MPa/	/MPa/	/MPa/		
Стойност	868	850	837	14,4	30-60 ср.48

Съгласно изискването за равна якост между и основен и наварен метал е избран електрод марка ОК75.75.(ESAB).

За заваряване на основен метал с дебелина 12mm, режима на заваряване е следния:

- диаметър на електрода, $d_e=3,2$ mm;
- сила на заваръчния ток, $I=130$ A;
- работно напрежение, $U=24$ V;
- скорост на заваряване, $V_s=4$ m/h (0,11sm/s);
- температура на околната среда, $T=20^\circ\text{C}$;
- размери на опитните образци, 180x180x12mm
- мигновена скорост на охлаждане, $w=-6,3^\circ\text{C/s}$

След осъществяване на заваряване на челни съединения се прилага отвърщане при 560°C .

В табл.3 и 4 са показани химичен състав и механичните характеристики на наварения метал с електроди марка ОК75.75.(ESAB) [3].

Табл.3. Химичен състав на наварения метал

Марка на електрода	Стандарт	Химичен елемент					
		%					
ESAB:	EN(DIN):E69	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
ОК 75.75.	4Mn2NiCrMoB42H5	0.05	0.3	1.8	2.2	0.3	0.4

Табл.4.Механични характеристики на наварения мета

Марка на електрода	Якост на опън	Граница на провлачване	Относително удължение	Работа на удар			
	Rm /MPa/	Re /MPa/	A5 %	Av/J/ (-40°C)			
ESAB: OK 75.75.	820	755	20	- 20°C	20°C	40°C	50°C
				-	85	70	55

Заваряване с избория за даденото изследване електрод, се осъществява с електрически ток DC+.

На фиг.1 е показан външен вид на заварените образци, а на фиг.2 е показана макроструктура на заварено челно съединение(първи слой), а на фиг.3,4,5,6 и 7 са дадени микроструктурите на метала на шева (фиг.3 и 4), зоната на термично влияние(фиг.5 и 6) и границата на сплавяване(фиг.7).

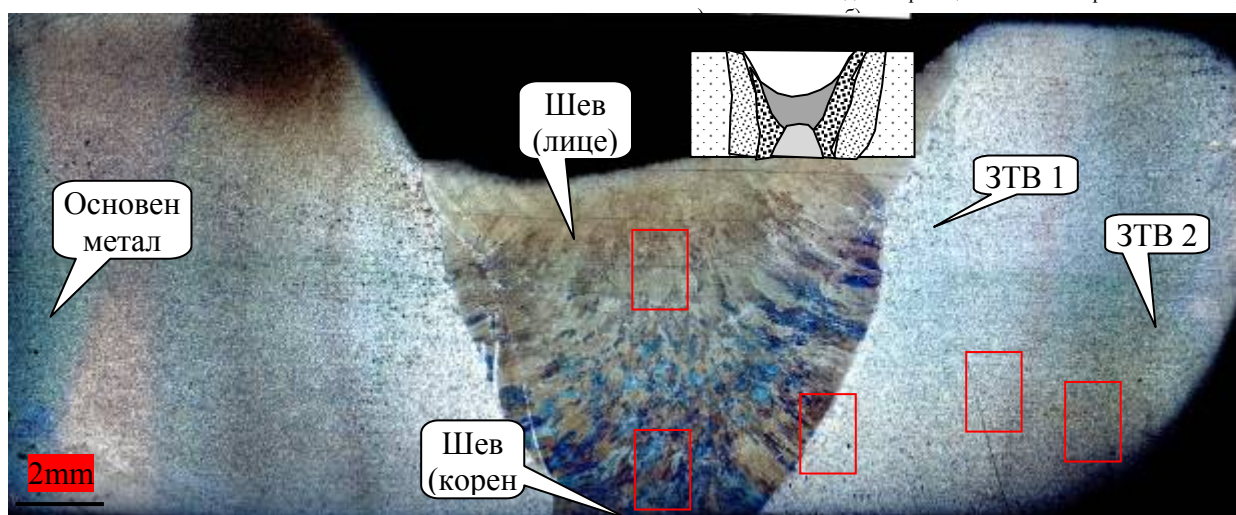


а)

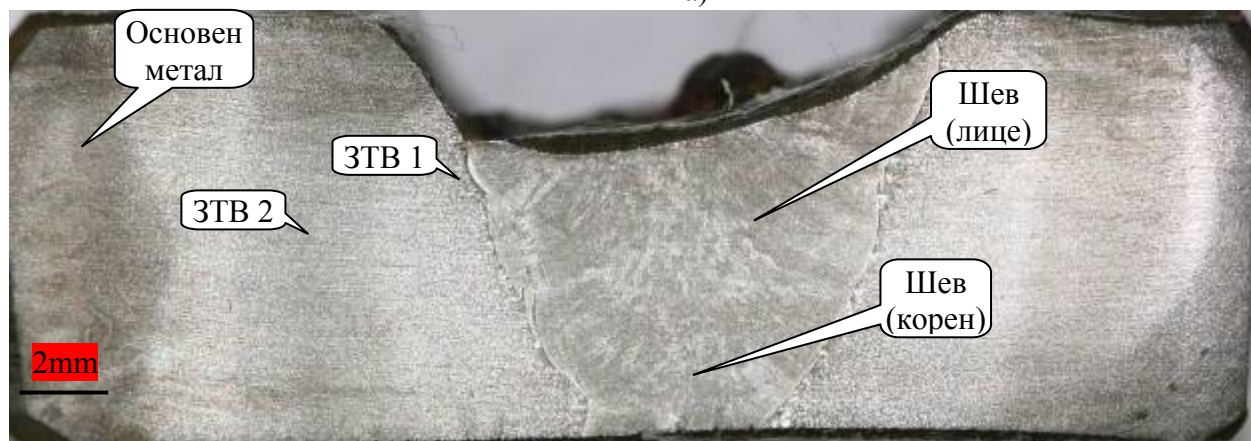


б)

Фиг.1 Външен вид на образца и схема на изрязване на шлифа:

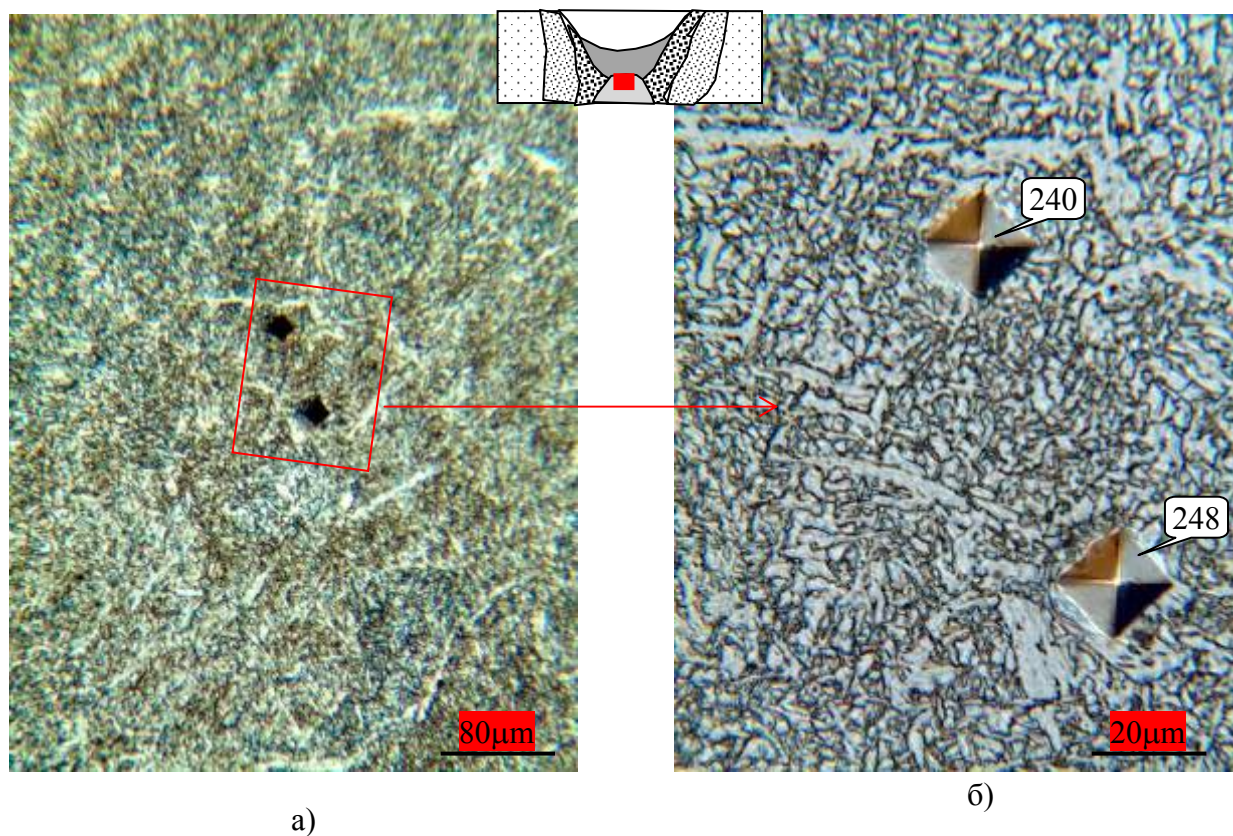


а)

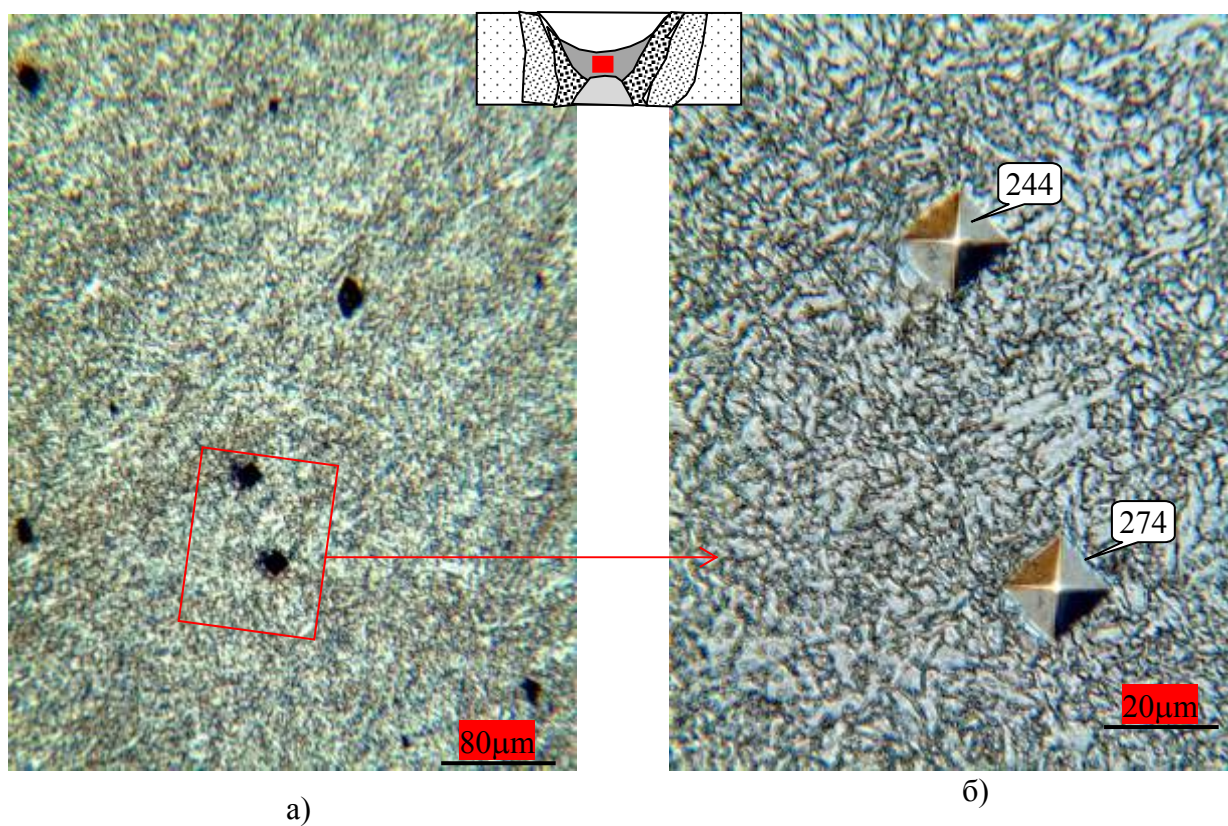


б)

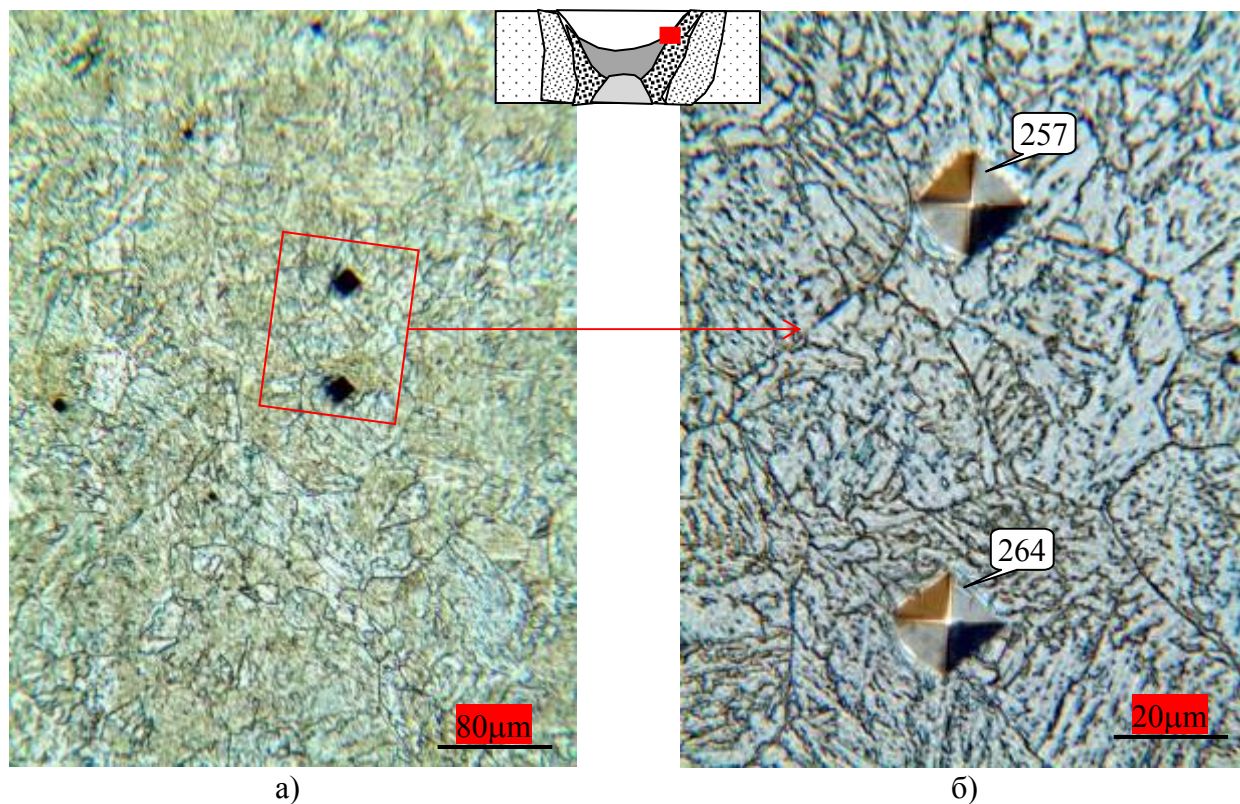
Фиг.2 Макроструктура на заварено съединение (схема на съединението и маркирани зони на микроструктурния анализ): а)металографско изображение б)фотографско изобр



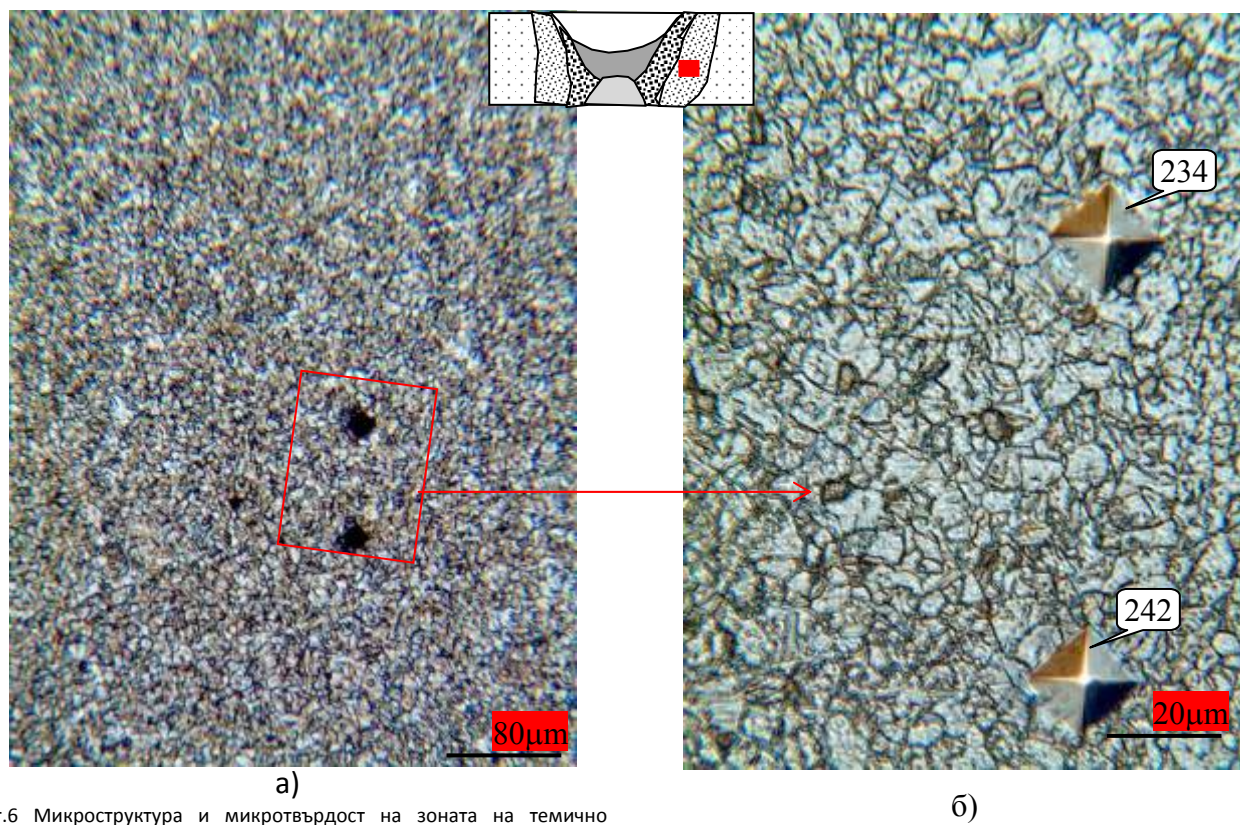
Фиг.3 Макроструктура и микротвърдост на метала на шева в корена:
а)х125; б)х500 ;



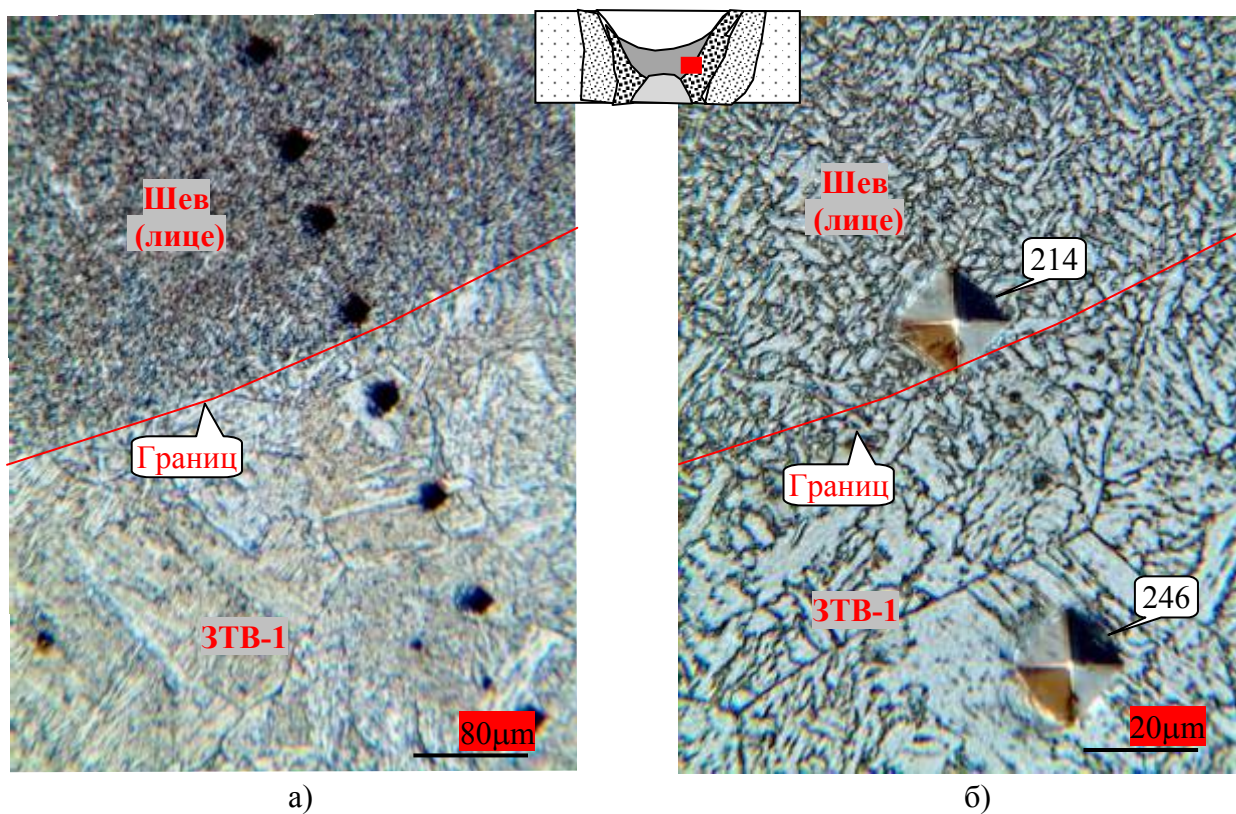
Фиг.4 Макроструктура и микротвърдост на метала на шева в лицето:
а)х125; б)х500 ;



Фиг.5 Микроструктура и микротвърдост на зона темично влияние-1:
а)х125; б)х500

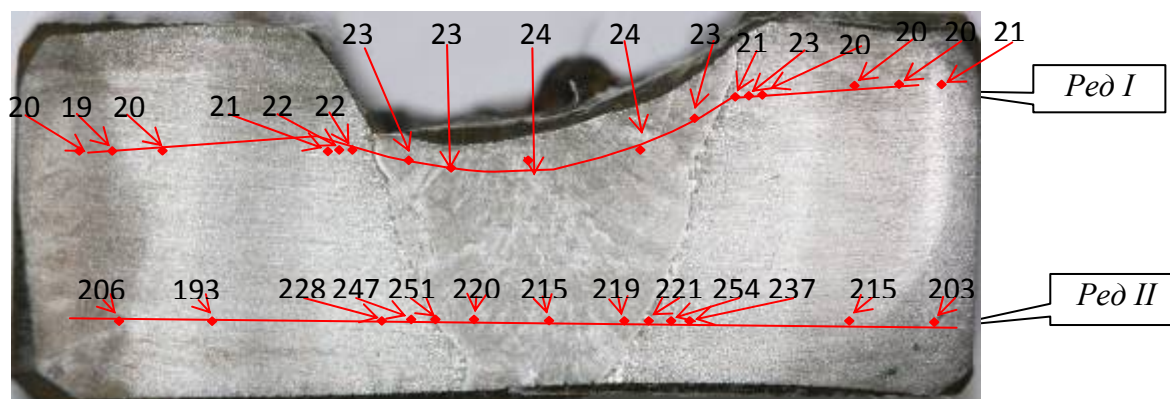


Фиг.6 Микроструктура и микротвърдост на зоната на темично влияние-2:а)х125;б)х500



Фиг.7 Микроструктура и микротвърдост на границата на сплавяване(лице), ЗТВ-1: а)х125; б)х500

На фиг.8 е дадено разпределението на твърдостите в две сечения(ред 1 и ред 2).



На Фиг.8 Разпределение на твърдостите HV10 в заваръчното съединение

Металографският анализ показва:

1.В метала на шева не са регистрирани макродефекти от типа на шлакови вclusions, пори и горещи пукнатини.

2.В зоната на термично влияние са оформени по микроструктура три зони в посока от страна на шева към основния метал, както следва:

- ЗТВ-1,едрозърнеста бейнитна
- ЗТВ-2,е дребнозърнеста феритна със следи на перлит.

3. Не е регистриран градиент на твърдостта и микротвърдостта на границите на отделните зони и слоеве на съединението.

Металографският анализ е осъществен с металографски микроскоп “NEOPHOT 2” с приставка HANEMANN 100. Метод на контрол съгласно изискванията на :БДС EN ISO6507-1; БДС EN ISO6508-1.

ИЗВОДИ:

1. Определени са параметрите на режима при електродъгово заваряване на стомана ALDUR700QL.

2. Направен е металографски анализ на заварено челно съединение с един слой с електроди марка ОК75.75(с термообработка), показващ отсъствие на макро и микро дефекти.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Дичев П.Д., Определяне на режимите на заваряване на нисковълеродна нисколегирана стомана с повишена якост, Машиностроителна техника и технологии, НТС, ТУ-ВАРНА, №1, 2014.41-43с.
2. Дичев П.Д., Димов Е.В., Параметри на режима при електродъгово заваряване на стомана S690QL, Транспорт, екология, устойчиво развитие, ЕКОВАРНА 2014, №1, ТУ-ВАРНА
3. Кратък „Продуктов каталог консумативи за заваряване“, ESAB и Електроди Ихтиман АД, гр. Ихтиман, 2010.-35с.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна
доц. д-р инж. Пламен Дичев
e-mail: p_dichev@abv.bg
гл.ас. д-р. инж. Ярослав Аргиров
e-mail: jaroslav.1955@abv.bg
инж.Евгени Димов
e-mail: evgeni_v_dimov@abv.bg

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ВЪТРЕШНИТЕ ОСТАТЪЧНИ НАПРЕЖЕНИЯ В ЗАВАРЪЧНИ ШЕВОВЕ НА АПАРАТИ, ПОДЛОЖЕНИ НА МЕХАНИЧНО И ТОПЛИННО НАТОВАРВАНЕ

Антонов, Г., Овчаров, П.

Резюме: В публикацията е направен анализ на причините за разрушаване на конструкциите поради наличието вътрешни остатъчни напрежения, възникващи в областта на заваръчните съединения на апаратите при механично и термично натоварване. Изследвани са специално изработените образци и са приведени резултати, с чиято помощ могат да се определят зони в материала на изучавания обект с недопустима стойност на вътрешните напрежения. Разработена е методика за оценка на остатъчните напрежения в заварени образци чрез метода на глухите отвори.

Ключови думи: съдове под налягане, напрегнато състояние, остатъчни напрежения, носеща способност, метод на „глухите отвори“

1. Въведение

Характерна особеност на съвременните машиностроителни конструкции е обстоятелството, че те са подложени на едновременно въздействие на силови и температурни полета. Една от най-коварните причини за появата на пукнатини и внезапното разрушаване на конструкциите са вътрешните остатъчни напрежения, възникващи в детайлите най-често в областта на заваръчните съединения. Обединяването на работните напрежения на апаратите и съществуващите вътрешни остатъчни напрежения обикновено в зоните на заваръчни съединения предполага възникване на неочаквани дефекти и в крайна сметка на откази на оборудването. Основен признак за оценка на критическото състояние на материала в една сложно натоварена конструкция е наличието в локални участъци от нея на високи напрежения. За изделията от стомана те могат да достигнат границата на провлачване и често се оказват по-опасни по отношение намаляването на якостта на материала отколкото някои видове съществуващи дефекти в него.

В стадия на проектиране на дадена конструкция, механичните качества на използваните материали са известни с необходимата точност, а със някои съвременни методи могат експериментално да се определят и остатъчните напрежения, което дава добра оценка за началния ресурс на якостта на обектите.

Във връзка с горните съображения се предлага методика за изследване и определяне на остатъчните напрежения чрез

метода на „глухите отвори“.

2. Възникване на вътрешни собствени напрежения и особености на заваръчните собствени напрежения

Известно е в литературата съществуването на собствени напрежения от I, II и III род. Напреженията от I род се уравновесяват в относително големи обеми от материала, обхващащи поне няколко зърна. Напреженията от II и III род действат и се уравновесяват в много малки (в пределите на отделни зърна от метала) или ултрамалки (съизмерими с няколко междуатомни разстояния) от обема на материала. Ако тялото, в което съществуват остатъчни напрежения от I род, се раздели от равнинен или дъговиден разрез, то отделните части се освобождават от действащите им сили и моменти.

При много технологични процеси вътрешните напрежения възникват вследствие на неравномерните остатъчни деформации, които се наричат източници на напрежения или начални формоизменения, вътрешни деформации, остатъчни деформации или екстрадеформации.

Обща оценка на степента на влияние на изброените причини за възникване на собствени заваръчни напрежения не е необходима. Това влияние зависи от материала, процеса на заваряване, изменение на температурата през времето и механичните крайни условия, в които се намира заваръчния шев в момента на заваряване. При заваряването на конструкционни стомани определяща роля

процеса на структурно изменение и развитието на пластически деформации вследствие на неравномерно нагряване. Разпределението на собствените напрежения се определя от характера на изменението на структурата и способността на материала за пластична деформация.

При дифузионно заваряване най-съществена се явява промяната на материалните връзки (причина в). При този вид заваряване в равнината на контакта на двата разнородни материала, повишената температура предизвиква дифузионни процеси, водещи до свързване на материалите. След охлаждане възникват остатъчни напрежения, предизвикани от различни коефициенти на термични деформации в образуващото се единно съединение.

В общия случай местните необратими деформации, възникващи в заварените конструкции в резултат на заварките, се явяват причината за възникването на собствените заваръчни напрежения.

3. Определяне на остатъчните напрежения

Изчислителните методи в теорията на еластичността и теорията на пластичността, използвани за определяне на работните напрежения, са негодни за определяне на остатъчните напрежения, тъй като последните не зависят от външните сили, моменти или обемни сили.

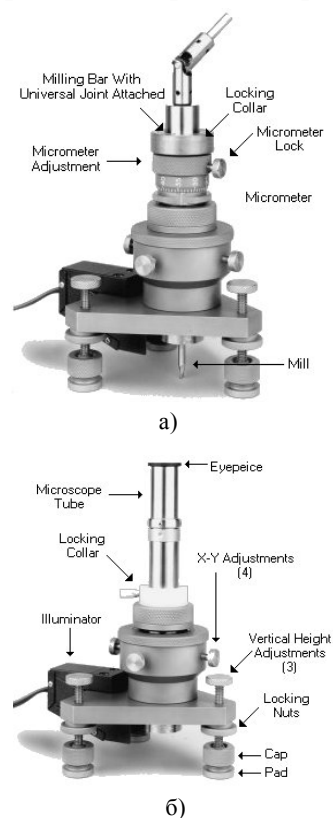
Ако са известни неравномерните остатъчни деформации, предизвикващи остатъчни напрежения, то съществува възможност за еднозначно изчислително определяне на напреженията. При линейна зависимост на коефициента на топлинно разширяване от температурата на екстрадеформациите, възникващи в процеса на нагряване детайла, са пропорционални на местното изменение на температурата. В този случай проблема за определяне на тези деформации се свежда до определяне на температурното поле. Ако в локалните участъци термическите напрежения превишават границата на провлачване на, то топлинните екстрадеформации и пластичните деформации

образуват полето на остатъчните деформации, определящи възникването на остатъчните напрежения.

Екстрадеформациите, предизвикващи остатъчни напрежения в заварените детайли, са неизвестни, и непосредственото им определяне е невъзможно. Затова се използва разчетно- експериментален метод за определяне на остатъчните напрежения, също наричан метод на изрязването. При изрязване на детайл с напрежения от I род, в резултат на освобождаването на напреженията възникват микроскопични деформации. Обикновено се прави последователно рязане на образци, предназначени за определяне на остатъчните напрежения от I род. Методиката на рязане трябва да съответства на геометрията на образца. При това се измерват и

регистрират макро-
скопическите
деформации,
възникващи
в
образца
при
освобождаването му
от напреженията и
зависещи от
ширината на
изрязаната площ и
размера на
оставащата част от
образца. За
изчисляване на
експериментално
измерените
деформации
остатъчните
напрежения
необходими
уравнения,
свързващи
големината на

деформациите, ширината на отрязаната част и размера на оставащата част от образца с напрежения. Сложността на тези уравнения зависи от геометричната форма на образца, методиката на рязане и характера на напрегнатото състояние. В отделни случаи остатъчните напрежения се определят чрез прости изчисления, основаващи се на експериментални данни.



Фиг.1. Експериментален микроскоп RS 200

3.1. Остатъчни напрежения в челни заваръчни шевове

При оценка на остатъчните напрежения в челни заваръчни съединения от листов материал е приета схема на равнинно напрегнато състояние. При това положение в средата на шева се образуват опънови остатъчни напрежения. Те са най- силно изразени в надлъжна направление вследствие на голямото надлъжно припокриване на шева.

$$\int_{-b}^{+b} \sigma_x(y,0)dx = 0, \int_{-b}^{+b} \sigma_y(y,0)dx = 0 \quad (1)$$

$x = \text{const} = 0$, т.е. разпределението на $\sigma_x(0,y)$ в челно заваръчно съединение на листове с размери $2b$, $2l$. Ако изходим от равновесието на силите, то надлъжните и напречните напрежения удовлетворяват уравнението.

Тези уравнения важат и за всяко друго сечение $x = \text{const}$ и $y = \text{const}$. Въпреки това при остатъчните напрежения отсъстват резултантни срязващи моменти.

Експерименталното определяне на остатъчните напрежения в челно заварените листове се осъществява по метода на изразяване на участъци с кръгла или квадратна форма. Затова по време на измерването постоянно се определят деформациите в три различни направления, възникващи след премахването на началните напрежения по закона на Хук:

$$\sigma_x = \frac{E(\varepsilon_x + \mu\varepsilon_y)}{(1 - \mu^2)}$$

$$\sigma_y = \frac{E(\varepsilon_y + \mu\varepsilon_x)}{(1 - \mu^2)} \quad (2)$$

$$\tau = G\gamma$$

В тези уравнения E, μ, G - са съответно модул на еластичност, коефициент на Поасон и модула на плъзгане на материала.

Друга възможност за по точно определяне на предварителните остатъчни напрежения в равнинно напрегнато състояние дава методът на глухите отвори.

3.2. Метод на “глухите отвори”

Измерването на остатъчни напрежения на металите може да бъде осъществено чрез

експериментални анализи на напреженията от тензорезистор за измерване на остатъчните напрежения, който измерва напреженията след монтажа му.

За да определим остатъчните напрежения с тези тензорезистори е необходимо да премахнем част от метала, с което се дава възможност на метала да се деформира от вътрешните му напрежения в тази част. Тези измерени напрежения съответстват на съществуващите остатъчни напрежения в тази област на метала.

Тази техника е приложима основно в лабораторни условия за плоски и цилиндрични повърхнини и е трудно приложима в реалните обекти заради сложността на конструкциите и наличието на остатъчни напрежения в трудно достъпни места.

3.2.1. Същност на метод на „глухите отвори“

Най-широко използваната техника за измерване на остатъчните напрежения е метода на глухите отвори, метод на релаксация на напрежението.

Накратко процедурата на измерването включва следните шест основни стъпки:

1. Монтира се тензорезистор за измерване на остатъчни напрежения върху експерименталния обект в точка, където остатъчните напрежения трябва да бъдат определени.

2. Трите измервателни решетки, от които се състои тензорезистора за измерване на остатъчни напрежения се свързват към отделни канали на измервателната апаратура.

3. Прецизен водач (Експериментален микроскоп - модел RS200 - фиг. 1) е захванат към експерименталния обект и точно центриран над тензорезистора.

4. След нулево-балансиране на каналите на измервателната апаратура се пробива плитък отвор през центъра на тензорезистора - фиг. 1 а/).

5. Отчитането на напрежението в трите направления се извършва след пробиването на отвора с помощта на микроскопа - фиг. 1 б) .

6. Използвайки специална методика се определя посоката на остатъчното напрежение въз основа на трите измерени напрежения.

Описаната процедура е сравнително лесна и е стандартизирана в ASTM - Стандартен Тестови Метод E837.

Този метод се причислява към методите за "полу-разрушителен" контрол, защото малкия отвор незначително поврежда структурната цялост на тествания обекта. За тестване на големи обекти, понякога е възможно да загладим повърхността, където е пробит отвора след като тестването е завършило. Това трябва да се извършва много внимателно, за да се избегне поява на нови остатъчни напрежения в процеса на обработката.

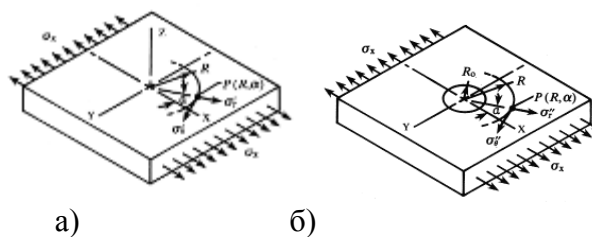
3.2.2. Принцип и теория на метода на глухите отвори

Пробиването на отвори дори и с много малък диаметър върху повърхността с остатъчни напрежения освобождава напреженията в областта, където е пробит отвора. Отстраняването на обема метал от отвора позволява околната повърхност да се деформира моментално вследствие на съществуващите локални напрежения в тествания обект..

В повечето случаи на приложения на метода пробивания отвор е глух, чиято дълбочина е колкото е диаметъра му или по-малка в зависимост от дебелината на тествания обекта. Геометрията на глухия отвор затруднява прилагането на теорията на еластичността за директно пресмятане на остатъчни напрежения от измерените напрежения. Решението може да е получено, обаче, за по-простия случай на проходен отвор пробит през тънка пластина, в която остатъчните напрежения са равномерно разпределени по дебелината на пластината. Поради това, теорията на метода на глухите отвори най-напред ще бъде демонстрирана за проходни отвори и в последствие приложена и за глухи отвори.

Показната на фиг. 2а част от тънка пластина, в която има остатъчни напрежения σ_x . Напрежението във всяка точка е $P(R, \alpha)$ може да бъде показано в полярни координати както следва:

$$\begin{aligned}\sigma_r' &= \frac{\sigma_x}{2}(1 + \cos 2\alpha) \\ \sigma_\theta' &= \frac{\sigma_x}{2}(1 - \cos 2\alpha) \\ \tau_{r\theta}' &= -\frac{\sigma_x}{2}(\sin 2\alpha)\end{aligned}\quad (3)$$



Фиг. 2

След пробиване на малък проходен отвор (фиг. 2б) напреженията в околността на отвора са сега напълно различни от $\sigma_r, \tau_{r\theta}$. Трябва да бъдат нула навсякъде на повърхността на отвора. Решението за този случай е било получено от Г. Кирш през 1898г. И се получават следните зависимости за напреженията в т.Р (R, α):

$$\begin{aligned}\sigma_r'' &= \frac{\sigma_x}{2}\left(1 - \frac{1}{r^2}\right) + \frac{\sigma_x}{2}\left(1 + \frac{3}{r^4} - \frac{4}{r^2}\right)\cos 2\alpha \\ \sigma_\theta'' &= \frac{\sigma_x}{2}\left(1 + \frac{1}{r^2}\right) - \frac{\sigma_x}{2}\left(1 + \frac{3}{r^4}\right)\cos 2\alpha \\ \tau_{r\theta}'' &= -\frac{\sigma_x}{2}\left(1 - \frac{3}{r^4} + \frac{2}{r^2}\right)\sin 2\alpha\end{aligned}\quad (4)$$

където:

$$r = \frac{R}{R_0} (R \geq R_0)$$

R_0 = радиус на отвора; R = произволен радиус от центъра на отвора.

Разликата на началните напрежения и крайните (след пробиването) е освободеното остатъчно напрежение:

$$\begin{aligned}\Delta\sigma_r &= \sigma_r'' - \sigma_r' \\ \Delta\sigma_\theta &= \sigma_\theta'' - \sigma_\theta' \\ \Delta\tau_{r\theta} &= \tau_{r\theta}'' - \tau_{r\theta}'\end{aligned}\quad (5)$$

При условие за хомогенност и изотропност на материала, тези уравнения могат да се заместят в закона на Хук за двумерно напрегнато състояние в т.Р (R, α). Получените зависимости са следните:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= -\frac{\sigma_x(1+\nu)}{2E}\left[\frac{1}{r^2} - \frac{3}{r^4}\cos 2\alpha + \frac{4}{r^2(1+\nu)}\cos 2\alpha\right] \\ \varepsilon_\theta &= -\frac{\sigma_x(1+\nu)}{2E}\left[-\frac{1}{r^2} + \frac{3}{r^4}\cos 2\alpha - \frac{4\nu}{r^2(1+\nu)}\cos 2\alpha\right]\end{aligned}\quad (6)$$

За кръг с произволен радиус $R(R \geq R_0)$, може да се опростят:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= \sigma_x(A + B \cos 2\alpha) \\ \varepsilon_\theta &= \sigma_x(-A + C \cos 2\alpha),\end{aligned}\quad (7)$$

където коефициентите А, В и С имат следния вид:

$$\begin{aligned} A &= -\frac{1+\nu}{2E} \left(\frac{1}{r^2} \right) \\ B &= -\frac{1+\nu}{2E} \left[\left(\frac{4}{1+\nu} \right) \frac{1}{r^2} - \frac{3}{r^4} \right] \\ C &= -\frac{1+\nu}{2E} \left[-\left(\frac{4\nu}{1+\nu} \right) \frac{1}{r^2} + \frac{3}{r^4} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

Установено, че деформациите намаляват с отдалечаване от центъра на отвора и поради това измерването им се прави близко до ръба на отвора. От друга страна смущенията също така се увеличават в непосредствена околност на отвора. Тези разсъждения водят до избора на оптимален радиус (R) за разположение на измервателните решетки. Аналитичните и експериментални изследвания са установили практически диапазон

$$0,3 < r < 0,45,$$

където $r = R_0/R$, R_0 е радиус на отвора, а R е радиуса до центъра измервателната решетка.

На практика остатъчните напрежения са много често двумерни с две ненулеви главни напрежения. Това условие лесно може да е включено в анализа с използването на принципа на суперпозицията, който е приложим за линейно-еластични материали. Позовавайки се отново на фиг.2 е видно, че едномерното остатъчно напрежение ще бъде само по ос Y вместо по оста X, уравнения (3) и уравнения (3) ще бъдат все още приложими при $\cos(2\alpha)$, заменен с $\cos 2(\alpha=90^\circ)$, или от $-\cos(2\alpha)$. По този начин намаленото радиално напрежение в т.Р(R, α) се записва във вида:

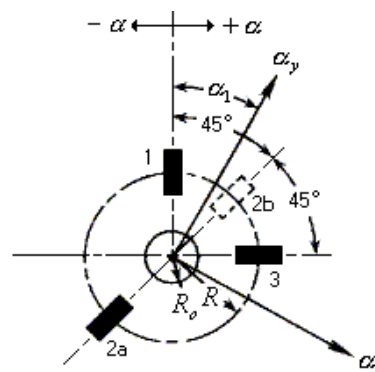
$$\varepsilon_r^y = \sigma_y (A - B \cos 2\alpha) \quad (9)$$

Използвайки връзката с уравнения (5) се получава:

$$\varepsilon_r^x = \sigma_x (A + B \cos 2\alpha) \quad (10)$$

Когато остатъчните напрежения са представени едновременно, принципа на суперпозицията позволява алгебрично събиране на уравнения (9) и (10), така че израза на освободените напрежения в равнинно двумерно напрегнато състояние е:

$$\begin{aligned} \varepsilon_r &= \sigma_x (A + B \cos 2\alpha) + \sigma_y (A - B \cos 2\alpha) \quad \text{или} \\ \varepsilon_r &= A(\sigma_x + \sigma_y) + B(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\alpha \end{aligned} \quad (11)$$



Фиг. 3. Определяне на посоките на остатъчните напрежения чрез измерване на напреженията в три направления

Макар, че ъглите между решетките могат да бъдат произволни, 45-ъгловото разположение (фиг.3) води до най-простите аналитични изчисления.

Уравнението (11) може да бъде написано три пъти всяка измервателна решетка:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= A(\sigma_x + \sigma_y) + B(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2\alpha \\ \varepsilon_2 &= A(\sigma_x + \sigma_y) + B(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2(\alpha + 45^\circ) \\ \varepsilon_3 &= A(\sigma_x + \sigma_y) + B(\sigma_x - \sigma_y) \cos 2(\alpha + 90^\circ) \end{aligned} \quad (12)$$

Откъдето следва за напреженията:

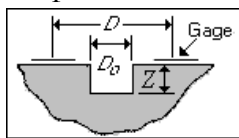
$$\begin{aligned} \sigma_{\max} &= \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{4A} - \frac{1}{4B} \sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2} \\ \sigma_{\min} &= \frac{\varepsilon_1 + \varepsilon_3}{4A} + \frac{1}{4B} \sqrt{(\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2 + (\varepsilon_3 + \varepsilon_1 - 2\varepsilon_2)^2} \\ \tan 2\alpha &= \frac{\varepsilon_1 - 2\varepsilon_2 + \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_3} \end{aligned} \quad (13)$$

където α е ъгъла от най-близката главна ос до измервателна решетка номер 1 (положителен ако е по посока на номерацията).

По отношение на коефициентите А и В може да се каже, че определени по алгебричен път в уравнения (8), те се прилагат само, когато условията, наложени от Кирш в уравнения (4) са изпълнени. По-точни резултати се получават ако стойностите за коефициентите могат да са получени от интегрирането на уравнения (6) над областите на съответните решетки ($\bar{A}$ и $\bar{B}$). Алтернативен метод за получаването им е да ги определим чрез експериментална калибровка, описана в [1].

За пръв път Рендлер и Вигнес са направили аналогията между разпределението на напреженията в глухия и проходния отвор. По този начин, освободените напрежения около пробития отвор също се изменят

синусоидално с отдалечаване от отвора, по начина описан в уравнения (11). От това следва, че тези зависимости както и връзките в уравнения (13) са еднакво приложими и към реализацията на метода на глухия отвор при условие на подходящо определени коефициенти.



Фиг. 4

В сравнение с процедурата на проходния отвор в този анализ включва една допълнителна независима променлива, а именно, дълбочина на отвора, Z (фиг.4). В универсална функционална форма, коефициентите могат да са изразени както следва:

$$\bar{A} = f_A(E, \mu, r, Z/D)$$

$$\bar{B} = f_B(E, \mu, r, Z/D) \quad (14)$$

където са зададени характеристики на материала E и μ , а коефициентите $\bar{A}$ и $\bar{B}$ са прости геометрични функции и са постоянни за всички геометрично подобни случаи.

При задаването на първоначално ниво на остатъчното напрежение и фиксиран диаметър на отвора, напреженията обикновено се увеличават с увеличаване на дълбочината на отвора. Следователно за постигане на максимални добри сигнали, отворът обикновено се пробива на дълбочина в съответствие с съотношението $Z/D=0,4$.

Трябва да се отбележи, че стойностите на основните коефициенти $\bar{A}$ и $\bar{B}$ получени чрез поредица от калибровъчни тестове се отнасят само за измерването на остатъчни напрежения при следните условия на калиброването: материал със същите еластични характеристики; еднаква геометрия; еднакъв размер на отвора; еднаква форма на отвора; еднакво напрежение в дълбочина; еднакви равнинни напрежения;

3.3. Методика на измерване

Определянето на остатъчните напрежение по метода на глухите отвори изисква спазване на следните основни стъпки:

1. Правилен избор и инсталиране на тензорезистора.
2. Центроване и пробиване на отвора.
3. Апаратура за измерване на деформацията.

4. Познания за механичните характеристики на тествания материал.

Правилен избор и инсталиране на тензорезистора

Инсталирането на три отделни тензорезистора, разположени в кръг е трудно и не се препоръчва, защото минималните грешки в разположението им могат да доведат до значителни отклонения от получените резултати за остатъчното напрежение. Подготовката на повърхността за инсталиране на тензорезистора е стандартна.

Центроване и пробиване на отворите

Прецизността на метода, прилаган на работните места е директно свързан с възможността на оператора да постави пробиващото устройство точно в центъра на тензорезистора. Чрез наблюдения се определя грешката дължаща се на ексцентричността на отвора. Режима на рязане при пробиване трябва да бъде така подбран, че да се получават минимални напрежения и минимално триене между режещия инструмент и метала.

Механичните характеристики

Както при всеки експериментален анализ, точността на измерването на остатъчното напрежение зависи от точността, с която са определени модула на еластичност и коефициентът на Поасон. Много по-големи грешки могат да се получат от изменение в предпоставките, включени в основната теория. Например, главна предпоставка е линейната еластичност на метала. Ако връзката между напрежението и деформацията не е линейна поради огъване или други причини, изчисленото остатъчно напрежение няма да е вярно.

Ограничения и съображения

Изучаването на метода на глухия отвор чрез метода на крайните елементи показва, че промяната в деформацията, която се получава при пробиване в дълбочина през всеки слой (след първия) е причинено само от остатъчното напрежение в този слой. Останалата част от тази деформация е причинена от остатъчните напрежения в предходните слоеве. Колкото повече се увеличава разстоянието от повърхността толкова по-рязко се увеличава деформацията. Като резултат цялостната освободена

деформация в крайната дълбочина на отвора се влияе най-силно от напреженията в слоевете материал, които са най-близко до повърхността. В отвори с следното съотношение $Z/D > 0,2$ напреженията в тези слоеве имат много слабо влияние върху наблюдаваните деформации.

Като правило, грешките при измерване силно зависят от качеството на експерименталните техники и броя на включените параметри. Тъй като, определянето на остатъчното напрежение чрез метода на глухите отвори включва голям брой параметри и методи отколкото обикновения експериментален анализа на напрежението, възможността за грешки е съответно по-голяма. Поради това остатъчните напрежения обикновено не могат да се определят със същата прецизност както напреженията дължащи се на статично външно натоварване.

Пробиването на малък отвор в тествания образец е една от най-критичните операции в метода. Отвора трябва да бъде концентричен към центъра на тензорезистора и да бъде с определена форма, т.е. строга цилиндричност, плоско дъно и остър ръб на повърхността. Много е важно изискванията на формата на отвора да са добре спазени, когато се извършва сегментно пробиване за измерване на промяната на напрежението в дълбочина. При същите условия е от съществено значение дълбочината на отвора във всеки сегмент да се измери възможно най-точно, защото дори и много малка грешка в дълбочина може да доведе до значително голяма грешка в измереното напрежение. Точно измерване на диаметъра на отвора е много важно условие. Най-накрая е много важно отвора да се пробива без да се добавя значително остатъчно напрежение. Ако някои от по-горе посочените изисквания не са спазени точността ще бъде намалена.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Даденият метод позволява да се определят за остатъчните напрежения в конструкциите, на основата на които да се локализируют области в материала с недопустима стойност на вътрешните напрежения. Счита се [1], че предложената методика дава известни

отклонения от реалните резултати. За получаването на достоверни данни по отношение на големината и посоката на остатъчните напрежения е необходимо да се изследват посочените образци и чрез шумовете на Баркхаузен [2].

2. Изследването на остатъчните напрежения може да се продължи, като се определят техните стойности в съответните направления в едни и същи точки и при същите условия, но върху термообработена плоча за снемане на остатъчните напрежения. По сравнението с показанията на заварената нетермообработена плоча може да се съди за степента на намаляване на остатъчните напрежения и в крайна сметка за ефективността на термообработката.

3. Предотвратяване на образуването на остатъчни напрежения е невъзможно. Все пак в отделни случаи с помощта на предварителни мероприятия може да се осигури намаляване на тези напрежения или целенасочено да се регулира тяхното разпределение. В практиката са известни основно два типа методи за намаляване на остатъчните напрежения: механични (вибрационни и дробеструене) и термични (отвърщане).

Литература

Tech Note. Measurements Group. TN-503-4, Residual Stress Measurements North Carolina USA, 1993

Wojtas A. S., W. J. P. Vink and G. den Ouden, Stress Measurements in GTA welded steel by means of the Barkhausen effect, Department of Materials Science and Engineering, Delft University of Technology, Netherlands, 1995

За контакти:

Антонов, Г., Овчаров, П.
gea_print@abv.bg, ovcharov@ms3.tuvarna.acad.bg
Технически Университет – Варна, България

ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИЕТО НА ЛЕГИРАНИ ЖЕЛЕЗНИ ПРАХОВЕ ЗА КОНСТРУКЦИОННИ ПМ ДЕТАЙЛИ

Диян М. Димитров, Десислава Минчева

Abstract: The paper presents the main advantages and disadvantages of the most widely used alloying elements in powder metallurgy. The new guidelines for the alloying of iron powders for structural PM details are presented. There were presented some new pre-alloyed and diffusion bonded powders of global manufacturing companies.

Key words: powder metallurgy, alloying elements, pre-alloyed and diffusion bonded powders

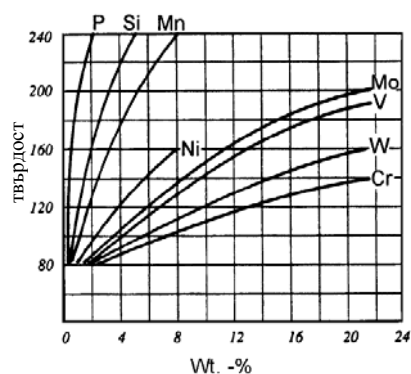
1. Въведение

Изработването на конструкционни ПМ детайли с високи механични свойства и сравнително ниска цена налага използването на подходящи легирани железни прахове. Използването им дава възможност да се получат сплави с висока хомогенност на структурата, а от там и по-голяма еднородност на свойствата и точност на геометричните параметри на изделията. Важен фактор при подбиране на вида, количеството и начина на въвеждане на легиращия елемент е неговото влияние върху пресуемостта и спекаемостта и не на последно място върху точността и размера на спечените изделия. В практиката на праховата металургия освен въглерод, като основни легиращи елементи се използват мед, никел и молибден. Известно е, че те имат слаб афинитет към кислорода, което обуславя добрата им спекаемост. Освен това в подходяща комбинация с въглерод осигуряват висока якост на детайлите, повишат закаляемостта им и осигуряват добра размерна стабилност на изделията след спичане. [1,2]

Медта (Cu), която не намира особено приложение в черната металургия, е един от важните легиращи елементи в праховата металургия. Основните предимства на медта са свързани с лесната редукция на медните окиси в процеса на спичане и образуването на течна фаза под температурата на спичане, което активира спичащия процес. Като

легиращ елемент Cu се добавя в механични смеси и при получаване на предварително дифузионно легирани железни прахове. Молибдена (Mo) е карбидообразуващ елемент и подобрява закаляемостта на синтерованите изделия. Води до образуване на бейнитни структури в процеса на спичане. Никелът (Ni) повишава якостта и пластичността на сплавите, но в сравнение с Mo осигурява по-ниска закаляемост на спечените сплави. Освен това Ni има способността да уякчава феритната фаза.

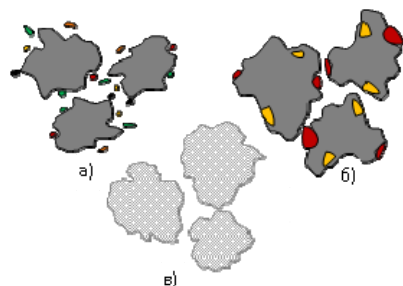
Основните недостатъци на тези традиционно използвани елементи са високата цена на Mo, канцерогенното действие на Ni (въвежда се под формата на фин прах) и трудното рециклиране на Cu.



Фиг.1. Влияние на някои легиращи елементи върху твърдостта на желязото

Физико-механични свойства на спечените материали зависят от начина на въвеждане на легиращите елементи в базовите железни прахове (фиг.2). Известни са няколко начина на въвеждане чрез:

- 1)механично смесване на легиращите елементи с базовия прах – получаване на механични смеси;
- 2)дифузионно свързване на легиращите частици с базовия прах – получаване на дифузионно легиран железни прахове;
- 3)комплексно легиране на праховете, които основно се получават чрез водно разпрашаване на метални стопилки (комплексно легиран прахове).



Фиг. 2 Схематично изображение на различни начини на легиране: а-механична смеси; б-дифузионно легиран прах; в-комплексно легиран прах

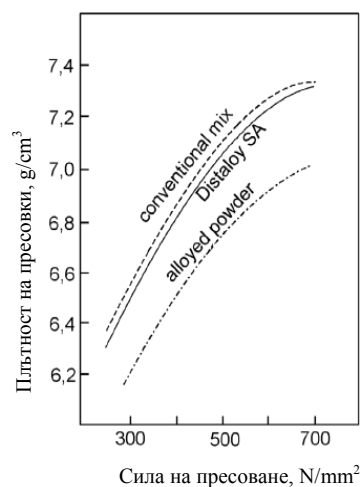
Развитието на спичащите технологии, даде възможност да се въведе и употребата на легиращи елементи като хром (Cr) и манган (Mn), които в началото са били избягвани заради високия си афинитет към кислорода. Хромът, подобно на Мо е карбидообразуващ елемент и въвеждането му в железните прахове, води до повишаване на закаляемостта. Мангана също оказва влияние върху якостните характеристики и закаляемостта на синтерованите изделия, но все още намира ограничено приложение в праховата металургия. Сравнително ниската цена, която имат ги прави още по-атрактивни при производство на нисколегиран железни прахове.

2. Основни видове легиран железни прахове

В съвременната практика за изработване на средно и високо натоварени ПМ компоненти се използват основно дифузионно легиран и легиран прахове.

Най-голямо приложение намират дифузионно легираните прахове – тип „Дисталой” и комплексно легираните тип „Асталай”. Тези прахове са запазена

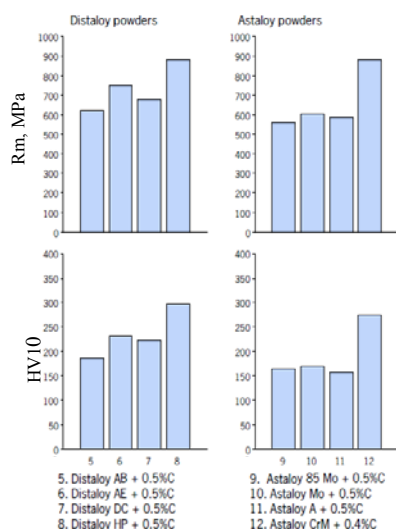
търговска марка на шведската фирма „Hoganas”.



Фиг.3 Влияние на силата на пресоване върху плътността на пресовки [7]

Комплексно легираните железни прахове тип “Astaloy” представляват нисколегиран железни прахове, получени по метода на водно разпрашаване на метална стопилка. Основни марки които предлага фирмата “Hoganas” са марките AstaloyMo, Astaloy85Mo съдържащи Мо и марките AstaloyCrA и AstaloyCrM, със съдържание на Cr съответно 1,5 и 3%. Тези прахове са предназначени за изработване на изделия, подлагани на допълнително термично обработване, както и за получаване на детайли по метода на горещо коване (фиг.4).

Подобни прахове произвежда и американската фирма “Hoeganaes Corporation”. Тя залага на производството на водноразпрашени железни прахове обединени под марката “Ancorsteel”. Основно произвежда широка гама от нисколегиран с молибден железни прахове (Ancorsteel30HP, Ancorstell50HP, Ancorstell85P, Ancorsteel150HP) като съдържанието на Мо в тези прахове варира от 0,35 до 1,5%. Те притежават много добра пресуемост. От праховете съдържащи Cr най-широко приложение намира марката Ancorsteel4300, като съдържанието на Cr е ограничено до 1%.



Фиг.4 Сравнителни данни относно някои механични характеристики на ПМ изделия, изработени от прахове „Дисталой” и „Асталой” [7]

Освен този елемент в химичния състав присъстват 1%Ni, 0,8%Mo и 0,6% Si. Според фирмата производител изделията изработени от тази марка нисколегиран прах имат много висока якост, ударна жилавост и твърдост, като оптимални резултати се постигат в условията на високотемпературно спичане на изделията.

Праховете “Distalloy” спадат към дифузионно легираните железни прахове. Това са отдавна наложили се в индустрията прахове, поради факта, че комбинацията от легиращи елементи Cu (1,5%), Mo(0,5%) и Ni(1,75 и 4%) осигурява стабилност на размерите на детайлите след спичане, както и след допълнително термично обработване. Предназначени са за изработване на конструкционни детайли с повишени механични характеристики (фиг.4)

Аналог на тези прахове произвеждат и други фирми производителки. Американската “Hoganaes Corporation” налага на пазара своите марки Distalloy4600A и Distalloy4800A, които по химичен състав са идентични с шведските Дисталой.

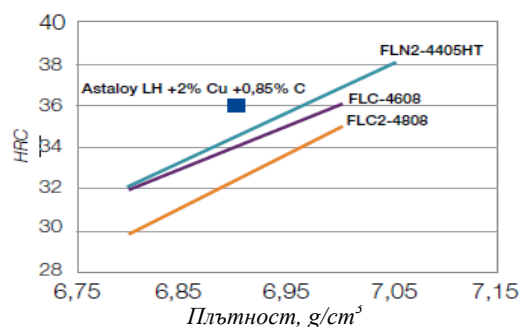
2. Тенденции в развитието на легираните железни прахове

Поради непрекъснатите промени в цените на легиращите елементи съвременната тенденция е за разработване на прахове с

минимално количество легиращи елементи, като окончателните свойства се формират след термично обработване. Наред с традиционно използваните технологии за термично обработване, фирмите разработват и технологията за т.нар уякчаващо спичане. Това е алтернативна технология, при която синтерованите ПМ изделия получават закалена мартензитна структура без използване на традиционните методи на закаляване. Стандартния процес на уякчаващо спичане съчетава в един термичен цикъл, спичане и закаляване при подходяща скорост на охлаждане във въздушната среда на пещта. За изпълнение на този процес е необходимо пещно съоръжение, което може да осигури скорост на охлаждане над 1°C/s в интервала 860-400°C.

Праховете предназначени за уякчаващо спичане основно съдържат комбинация от легиращите елементи Ni, Cu, Mo и Mn.

През 2009 г. фирмата Hoganas предлага на пазара марките AstalloyLH с химичен състав Ni(0,9%), Mo(0,9%) Mn(0,2%) и DistalloyLH Ni(0,9%), Mo(0,9%), Mn(0,2%) и Cu (2%). Изследванията показват, че изделията изработени от тези прахове имат много добра закаляемост и след спичане твърдостта им достига до 30-40HRC (фиг.5). Освен това се посочва, че при скорост на охлаждане над 1°C/s. се постигат много добри резултати относно закаляемостта на ПМ изделия.

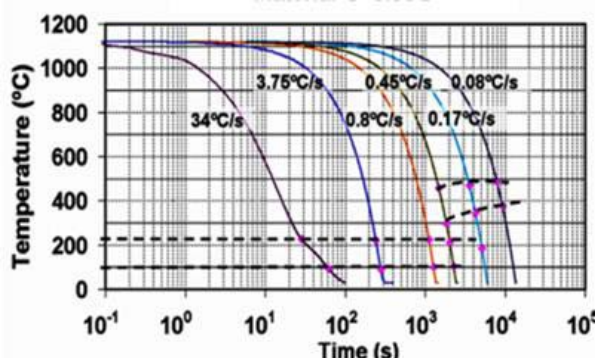


Фиг.5 Свойства на ПМ изделия изработени от легирани прахове[7]

В съответствие с новите изисквания към легираните прахове за занижена концентрация на легиращите елементи, през 2010 г. „Pometon Powder” разработва водно разпраснени нисколегиран хром съдържащи прахове.

В каталозите на фирмата праховете са представени под наименованието ECOSint (1,4%Cr) и ECOSintHighCr (2,0%Cr). Съдържанието на Ni и Cu ограничено до 1%, а концентрациите на Mo и Mn са съответно 0,8% и 0,2%. [9].

Според предварителните изследвания, комбинацията от легиращи (Cr, Mo, Mn, Ni, Cu) елементи води до значително намаляване на критичната скорост на охлаждане. Според източник [15] след спичане при температура 1120°C и охлаждане с 0,45°C/s, микроструктурата на изследваните образци е мартензитна.



Фиг. 6. Термокинетична диаграма на легиран железен прах Ecosint (1,4%Cr)

Изводи:

- Разработването на легирани железни прахове е свързано с изискванията за създаване на екологични и природосъобразни прахове;
- Върви се към употребата на занижени концентрации на химичните елементи като тенденцията е свързана с намаляване концентрацията на Ni;
- Създават се прахове с нови комбинации от легиращи елементи, които да удовлетворяват изискванията за високи механични свойства на детайлите и същевременно да имат ниска цена;
- Същевременно се търсят алтернативи, чрез създаването на нисколегиран прахове с нова комбинация от легиращи елементи да се подобри процеса на т.нар. уякчаващо спичане и по този начин да се избегне допълнително термично обработване.

Литература:

- [1] Michael L. Marucci, George Fillari, Patrick King, K. S. Narasimhan, A REVIEW OF CURRENT SINTER-HARDENING TECHNOLOGY, PM2004 World Congress, Vienna, Austria
- [2] L.A. Dobrzański, M. Muszyfaga, Effect of cooling rates on sinter-hardened steels, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering, Volume 37 Issue 2 December 2009
- [3] G.H. Rutz, H.A. Graham, B.A. Davala, Sinter-hardening P/M. steels, Advances in Powder Metallurgy and Particulate Materials 1 (1997) 8-3-8-20.
- [4] K.S. Narasimhan, Sintering of powder mixtures and the growth of ferrous powder metallurgy, Materials Chemistry and Physics, 67 (2001) 56-65
- [5] A. Shalak, Ferrous powder metallurgy, Cambridge International Science Publishing, England 1995, 45-46.
- [6] M. Rosso, Contribution to study and development of PM stainless steels with improved properties, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 24/1 (2007) 178-187.
- [7] <http://hogan.com/en/Segments/PM-Components/Our-products/Alloy-powders/Iron--low-alloyed-steel>
- [8] <http://www.gkn.com/hoeganaes>
- [9] <http://www.pometon.com>
- [10] Pometon powder, Ecosint Advanced alloyed powders for sintering technology
- [11] Francisco Castro, Angela Veiga, Frank Baumgaertner, Johannes Heyde, Stefano Saccarola, Sandra Bueno, Endogas sintering of a Cr-containing PM steel
- [12] S. Bueno, S. Saccarola, A. Karuppanagounder, A. Veiga, S. Sainz and F. Castro, Lean Cr-containing powders for obtaining high performance PM steel grades
- [13] S. Bueno, S. Saccarola, S. Sainz, A. Veiga, F. Castro, Comparison between Sinterhardened PM Steels obtained from, both, Diffusion Bonded and a Lean Cr-containing Powder
- [15] www.ipmd.net International Powder Metallurgy Directory 2010-2011, 14th Edition

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска” №1
Технически университет - Варна

dimitrov.dijan@gmail.com

mincheva_d@abv.bg

ОТНОСНО ТОЧНОСТТА НА ИЗМЕРВАНЕ НА МОДУЛА НА ЕЛАСТИЧНОСТ ЧРЕЗ ИМПУЛСНО РЕЗОНАНСЕН МЕТОД

Диян М. Димитров
Технически Университет – Варна
Катедра: Техническа механика

Abstract: Young's moduli (E), Shear Moduli (G) and Poisson ratio (ν) are parameters which describe elastic behaviour of materials. Static and dynamic methods are used to determine these parameters. Usually, dynamic methods have lower uncertainty. In this article E , G , and ν for high carbon steel sample are obtained using impulse excitation of vibration according to ASTM E1876– 09 procedure. Detailed explanation of calculation of combined uncertainty are provided. Steel block with dimensions ($t \times b \times L$) $9 \times 35 \times 90$ mm is measured. Calculated values are $E=204,1 \pm 1,2$ GPa, $G=78,42 \pm 0,88$ GPa $\nu=0,301 \pm 0,004$. Excluding, vibration detecting device, uncertainty of measurement of “ t ” and “ L ” gives higher contribution to combined uncertainty of E and G . As a general rule, not very thin samples with $L/t > 10$ ratio have to be preferred.

Key words: minimal resurs, cogged wheels, surface strengthening, row reductor

1. Въведение

Модулите на еластичност (E - модул на Юнг, G -модул на срязване) и коефициента на Поасон ν са трите параметъра описващи поведението на материалите в еластичната област. Без познаването на техните стойности е невъзможно пресмятането на коравината на конструкциите. Точното задаване на еластичните параметри на материала е важно при якостни пресмятания по МКЕ, при проектиране и изработване на силоизмерителни устройства работещи на тензометричен принцип, на резонатори и др. устройства работещи при променливи натоварвания.

Методиките за определяне на еластичните параметри се делят на статични и динамични. При статичните се използват изпитателни машини (опън/натиск, огъване, усукване) и се измерват деформациите на съответния образец при натоварване в еластичната област. При динамичните се използва връзката между скоростта на разпространение на звуковата вълна и еластичните свойства на материала. Директно скоростта на звуковата вълна може да бъде измерена чрез отчитане на времето за преминаването ѝ през образец с известна дължина. Аналогично пресмятане може да се направи чрез измерване честотата на една от фундаменталните форми на

трептене (огъваща, усукваща, надлъжна) на образец, който представлява гредка с правоъгълно или кръгло напречно сечение. Неопределеността при пресмятането на еластичните модули е свързана с възможностите за точното определяне на няколко входни величини. Освен че са по-бързи и лесни за изпълнение динамичните методики се считат за по-точни (неопределеността при измерването е по-ниска) [1,2,3]. Тъй като деформациите на образците, са с няколко порядъка по-ниски динамичните методики се използват широко за крехки материали [4,5].

В редица изследвания е показано, че обикновено стойностите на модула на Юнг получени по статични методики са по-ниски от тези получени по динамични [5,6]. Това се дължи на възможността за поява на пластични деформации в локални обеми при съответното натоварване.

Методиките за пресмятане на модулите на еластичност на база собствените честоти на трептене са описани в съответните стандарти, като най-пълни и точни са стандартите на ASTM, E1876 – 09[7] и E1875 – 13[8]. И в двата стандарта се използва една и съща изчислителна процедура, като разликата е начина на възбуждане на вибрациите, в [7] е описана методика с импулсно възбуждане, а в

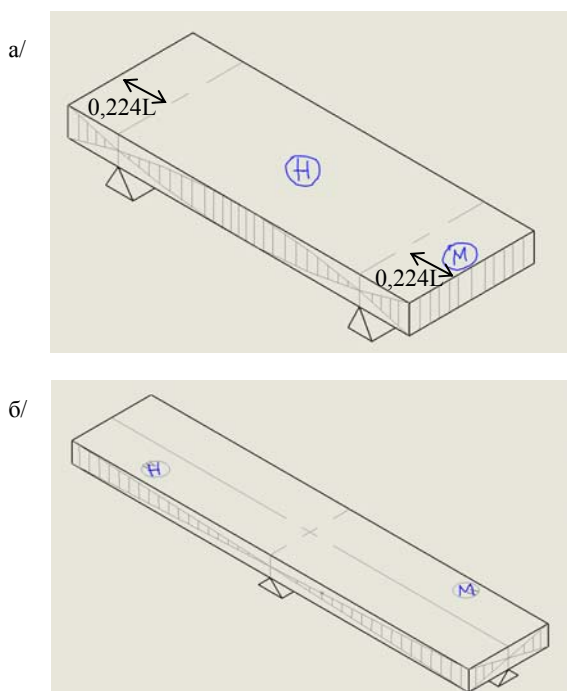
[8] е описана методика с хармонично възбуждане и търсене на резонанс.

Импулсното възбуждане е най-лесно осъществимо тъй като не изисква наличието скъпа измервателна апаратура. Достатъчно е да се разползва със микрофон включен към персонален компютър и съответния софтуер. Целта на настоящата публикация е да се опише процедурата за пресмятане на неопределеността при определяне на еластичните параметри при импулсно резонансен метод, да анализира факторите и да даде насоки за намаляването ѝ.

2. Изложение

2.1 Пресмятане на еластичните параметри чрез импулсно резонансен метод

Използват се образци тип „греда“ с правоъгълно или кръгло напречно сечение. Образците се закрепват във възлите на съответната форма (фиг.1) така че да се получат гранични условия на свободна греда.



Фиг.1 Схема закрепване на призматичен образец и позици на възбуждане и приемане на трептенията (Н) –импулсен чук; (М) –микрофон
а) фундаментална форма на огъване
б) фундаментална форма на усукване

При импулсно възбуждане, записването на вибрациите, е най-удобно да се извършва безконтактно с помоща на микрофон. Сигнала

от микрофона се дигитализира и преобразува в честотен спектър от където се отчита честотата на съответната форма. За пресмятане на модулите на еластичност се използват зависимостите (1) и (2) изведени от теорията за греди на Ойлер-Бернули. Тъй като тази теория не отчита влиянието на срязващите и инерционните сили във зависимостите са добавени корекционните коефициенти T_1 и R , които са функция на геометричните размери и коефициента на Поасон. Коефициента на Поасон влиза във функцията за определяне на T_1 , но не и на R т.е за точно определяне на стойността на модулът на Юнг E се изисква задаването на ν . Ако коефициента на Поасон не е известен предварително и наличния образец е със съотношение $t/L < 20$, модулът на Юнг и коефициента на Поасон, за хомогенен и изотропен материал се определят след определянето на G , използвайки итеративна процедура до удовлетворяване на зависимост (3) с предварително зададена точност. За греди с $t/L \geq 20$ може да се използва опростената зависимост за T_1 (4), която не включва ν .

$$(1) \quad E = 0,9465 \frac{m \cdot f_f^2}{b} \cdot \frac{L^3}{t^3} \cdot T_1$$

$$(2) \quad G = \frac{4 \cdot L \cdot m \cdot f_t^2}{b} \cdot R$$

$$(3) \quad \nu = \frac{E}{2G} - 1$$

, където E [Pa] - модул на Юнг;

G [Pa] - Модул на плъзгане;

ν - коефициент на Поасон;

m [g] - маса;

L [mm] - дължина;

b [mm] - ширина;

t [mm] - височина;

f_f [Hz] - честота на фундаменталната форма на огъване;

f_t [Hz] - честота на фундаменталната форма на усукване;

$T_1 = f\left(\frac{t}{L}, \nu\right)$ - коректировъчен коефициент;

$$\text{при } \frac{L}{t} > 20 \quad (4) \quad T_1 = 1,000 + 6,585 \left(\frac{t}{L} \right)^2$$

$R = f\left(\frac{t}{L}, b\right)$ - корекционен коефициент.

2.2 Неопределеност при пресмятането на еластичните параметри чрез импулсно резонансен метод

Неопределеността на измерването на еластичните параметри се пресмята по закона за разпространение на грешките (5) като се отчете приноса от стандартната неопределеност при измерването на всяка от входните величини (масата, геометричните размери и съответните честоти).

$$(5) \quad U(Y) = \sqrt{\sum [c_i(U(x_i))]^2}$$

,където

$U(Y); U(x_i)$ - стандартни неопределености на изходната и входните величини;

$c_i = \frac{\partial U}{\partial x_i}$ - коефициенти на чувствителност (за

зависимости от типа (1),(2),(3) те са равни на степенните показатели);

Така ако пренебрегнем приноса на корекционните коефициенти и приемем че няма корелация между входните величини за стандартната неопределеност на E , G и ν получаваме съответно уравнения (6), (7), (8).

$$(6) \quad \frac{U(E)}{E} = \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{u(f_f)}{f_f}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(3 \cdot \frac{u(t)}{t}\right)^2 + \left(3 \cdot \frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

$$(7) \quad \frac{U(G)}{G} = \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(2 \cdot \frac{u(f_t)}{f_t}\right)^2 + \left(\frac{u(b)}{b}\right)^2 + \left(\frac{u(t)}{t}\right)^2 + \left(\frac{u(L)}{L}\right)^2}$$

$$(8) \quad \frac{U(\nu)}{\nu} = \sqrt{\left(\frac{u(E)}{E}\right)^2 + \left(\frac{u(G)}{G}\right)^2}$$

Съгласно ISO 17025 стандартната неопределеност на директно измерваните величини се разделя на Тип А и Тип В, съответно Тип А е неопределеност оценена чрез статистически методи, а Тип В е всякаква друга неопределеност, която се оценява чрез способности различни от статистическия анализ (най-често от

сертификата на измервателния уред). При неопределеност Тип В, в повечето случаи се приема, че всички стойности са равновероятни (правоъгълно разпределение) и за да се приведе стойността към нормална неопределеност трябва да се използва делител $\sqrt{3}$. Най-често, измерваната величина се приема за нормално разпределена и получената комбинирана неопределеност се разширява с коефициент $k = 2$ (95%) или $k = 3$ (99,7%). Полученият резултат се записва във вида (9) като се допълнително се уточнява коефициента на разширение.

$$(9) \quad Y \pm U(Y)$$

За обработен образец (с отклонения от формата $< 0.1\%$) неопределеността при измерване на геометричните размери може да се приеме равна на точността на измерителния уред (Тип В).

Напечните размери обикновено се измерват с микрометър с точност $\pm 0.01 \text{ mm}$, в три сечения и се проверява отклонението от формата, а дължината с шублер с точност $\pm 0.05 \text{ mm}$.

Неопределеността при измерване на масата зависи от използваната везна. Тъй като тя има несъществен принос, при измерванията може да се използва и везна с точност $\pm 0.01 \text{ g}$.

При оценката на неопределеността на измерване на собствените честоти трябва да се вземат в предвид много фактори (демпфирането в опорите, точността на измервателната апаратура, околната температура и влажност на въздуха). Най-съществен принос към неопределеността според [9] има точността на електронната апаратура. В [7,8] се цитира проведен междулабораторен експеримент при който стандартната неопределеност при измерване собствената честота на огъване е $\pm 0.3\%$.

2.3 Пресмятане на еластичните параметри чрез импулсно резонансен метод

За пробен образец използваме блок от комплект плоско паралелни крайщни мерки с размери ($t \times b \times L$) $9 \times 35 \times 90 \text{ mm}$ ($t/L = 1/10$).

Образецът е изработен от високовъглеродна нисколегирани стомана.

Размерът „*t*“ беше измерен с микрометър с обхват 0-25mm с допълнителна дигитална скала отчитаща с точност $\pm 0.001\text{mm}$. При измерването на размера в различни сечения беше установено че разликата $t_{\max} - t_{\min} \leq 0.02\text{mm}$, което е равно на неопределеността при измерването със стандартен микрометър ($\pm 0.01\text{mm}$). За изчислителна стойност беше приета средната стойност от интервала $t_{\min} \div t_{\max}$ при правоъгълно разпределение.

Размерът “*b*” беше измерен с микрометър с обхват 25-50mm и е приета същата неопределеност. Тъй като образецът представлява калибър за дължина, размерът „*L*“ не беше измерван, но беше приета неопределеност $\pm 0.05\text{mm}$ на стандартен шублер, какъвто се използва по принцип за измерването на такива размери.

Масата на образца е измерена с помоща на лабораторна везна с точност $\pm 0.001\text{g}$

Измерените стойности на входните величини и пресметнатите по итерационна процедура модули на еластичност и коефициент на Поасон са показани в табл.1., а пресмятането на неопределеността в табл. 2,3,4.

За да се елиминира евентуална систематична грешка, при определяне на собствената честота, от използвания измервателен микрофон, е проведен вътрешно лабораторен експеримент, като използвания електретен микрофон, включен към звуковата карта на персонален компютър, е заменен с кондензаторен микрофон на фирмата Briel & Kjaer, включен към 16 битов АЦП модул. Отклонението на измерените честоти е в рамките на $\pm 2\text{Hz}$. Въпреки това е възприета оценката на неопределеността при измерването на честотата цитирана в [7,8].

Табл.1 Измерени стойности на входните величини и пресметнати *E*, *G*, *v*

Параметър	Стойност
<i>m</i> [g]	219.256
<i>b</i> [mm]	34.98
<i>L</i> [mm]	90
<i>t</i> [mm]	8.977
<i>f_f</i> [Hz]	5646

<i>f_f</i> [Hz]	8138
<i>T_I</i>	1.071
<i>R</i>	4.71
<i>E</i> [GPa] (1)	204.06
<i>G</i> [GPa] (2)	78.42
<i>v</i> (3)	0.301

Табл. 2 Пресмятане на стандартната неопределеност при определяне на модула на Юнг “*E*”.

Параметър	Стандартна неопределеност	Коеф. На чувств.	Принос към <i>U_c(E)</i> , ±GPa
<i>x_i</i>	<i>u(x_i)</i>	<i>c_i</i>	
<i>m</i> = 219,256g	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	1	0.005
<i>b</i> = 34.98mm	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	1	0.034
<i>L</i> = 90mm	$\pm \frac{0.05}{\sqrt{3}}$	3	0.196
<i>t</i> = 8.977mm	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	3	0.394
<i>f_f</i> = 5646Hz	$\pm \frac{17}{\sqrt{3}}$	2	0.410
<i>E</i> = 204.06GPa			
Комбинирана стандартна неопределеност		<i>U_c(E) =</i>	0.60
Разширена стандартна неопределеност (<i>k</i>=2)		<i>U</i>=	1.20 (0.59%)

Табл. 3 Пресмятане на стандартната неопределеност при определяне на модула на срязване “*G*”.

Параметър	Стандартна неопределеност	Коеф. На чувств.	Принос към <i>U_c(G)</i> , ±GPa
<i>x_i</i>	<i>u(x_i)</i>	<i>c_i</i>	
<i>m</i> = 219,256g	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	1	0.005
<i>b</i> = 34.98mm	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	1	0.034
<i>L</i> = 90mm	$\pm \frac{0.05}{\sqrt{3}}$	1	0.065
<i>t</i> = 8.977mm	$\pm \frac{0.01}{\sqrt{3}}$	1	0.131
<i>f_f</i> = 8138Hz	$\pm \frac{24}{\sqrt{3}}$	2	0.408
<i>G</i> = 78.42GPa			
Комбинирана стандартна неопределеност		<i>U_c(G) =</i>	0.44
Разширена стандартна неопределеност (<i>k</i>=2)		<i>U</i>=	0.88 (1.12%)

Окончателно при коефициент на разширение $\kappa=2$ (95%) получаваме:

$$E = 204.1 \pm 1.2 \text{ GPa}, \quad G = 78.42 \pm 0.88 \text{ GPa} \\ \nu = 0.301 \pm 0.004$$

Табл. 4 Пресмятане на стандартната неопределеност на коефициента на Поасон “ ν ”.

Параметър	Стандартна неопределеност	Коеф. На чувств.	Принос към $U_c(\nu)$, $\pm$
x_i	$u(x_i)$	c_i	$\pm$
$E = 204.06 \text{ GPa}$	± 0.6	1	0.0009
$G = 78.42 \text{ GPa}$	± 0.44	1	0.0017
$\nu = 0.3011$			
Комбинирана стандартна неопределеност		$U_c(\nu) =$	0.0019
Разширена стандартна неопределеност ($k=2$)		$U =$	0.0036 (1.2%)

3.Изводи

В настоящото изследване е направена оценка на неопределеността при пресмятането на еластичните параметри E , G , ν , чрез импулсно резонансен метод съгласно ASTM E1876 – 09. Вижда се (табл.2,3,4), че чрез използването на тази методика, неопределеността при пресмятането на модулът E е под $\pm 1\%$, а на модулът G и коефициента на Поасон ν около $\pm 1,2\%$.

Освен честотите f_f , f_t , най-съществен принос имат неопределеността при измерване на размерите “ l ” и “ L ”. За да се намали влиянието им трябва да се избягват прекалено „тънки“ образци, а дължината да е възможно по-голяма.

Литература:

- [1] Radovic M., et al., Comparison of different experimental techniques for determination of elastic properties of solids. Materials Science and Engineering, 2004, 368, p 56-70
- [2] Ricardo Branco, Jose D. Costa and Fernando V. Antunes, Influence of Errors in Young's Modulus on Fatigue Life Predictions of Notched Round Bars Under Bending-Torsion Loading, Recent Patents on Mechanical Engineering, Volume 7, Issue 1, 2014, Pages 63-76
- [3] Daniel Peixoto, Carlos Sousa, Teresa Restivo, Álvaro Ribeiro, José Rodrigues, YOUNG'S MODULUS DETERMINATION: DIFFERENT METHODS AND ASSOCIATED UNCERTAINTIES, Proceedings of ICEM15, Porto/Portugal, 22-27 July 2012
- [4] E.I. Mashinsky, DIFFERENCES BETWEEN STATIC AND DYNAMIC ELASTIC MODULI OF ROCKS: PHYSICAL CAUSES, Russian Geology and Geophysics Vol. 44, No. 9, pp. 953-959, 2003
- [5] TOMAS PLACHY, PAVEL PADEVET, MICHAL POLAK, Comparison of Two Experimental Techniques for Determination of Young's Modulus of Concrete Specimens, RECENT ADVANCES in APPLIED and THEORETICAL MECHANICS, 2009, pp 68-71, ISSN: 1790-2769
- [6] G. Straffelini, V. Fontanari, L. Brandusan, A. Molinari, "Elastic behaviour and first yielding in pm steels", 1998. Proceedings of: 1998 Powder Metallurgy World Congress & Exhibition, Granada (Spain), October 18-22 1998
- [7] ASTM E1876 - 09 Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration
- [8] ASTM E1875 - 13 Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Sonic Resonance
- [9] C. K. Bullough, The Determination of Uncertainties in Dynamic Young's Modulus UNCERT COP 13: 2000

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,
Катедра Техническа Механика

Гл. ас.д-р Диян Минков Димитров
e-mail: dm_dimitrov@tu-varna.bg

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ОХЛАЖДАЩАТА СПОСОБНОСТ НА НЕТРАДИЦИОННИ
ОХЛАЖДАЩИ СРЕДИ ЗА ЗАКАЛЯВАНЕ НА СТОМАНИ**
STUDY OF COOLING CAPACITY OF NON-TRADITIONAL
COOLANTS FOR STEEL HARDENING

Димитър Ставрев, Огнян Жеков

Abstract: The paper examines the cooling capacity of various steel hardening mediums: water, transformer oil, water solutions of 0,9% NaCl -physiological solution, glucose 5%, 0,9% NaCl and glucose 5%, 3% suspension of bentonite and marine water. The influence of time and temperature of cooling on cooling rate in pearlitic and martensitic interval in steel hardening is determined.

Key words: heat treatment, hardening, steels, cooling mediums.

Изборът на охлаждащи /закаляващи/ среди е от съществено значение за успешното закаляване на различните видове стомани. Изискването към охлаждащите среди е да осигурят надкритична скорост на охлаждане, необходима за превръщането на аустенита в мартензит.

Охлаждащите среди са два вида: среди, които не променят агрегатното си състояние при охлаждане, среди, които променят агрегатното си състояние при закаляване. Към втората група спадат водопроводната вода, различни водни разтвори, минералните масла, синтетични охлаждащи среди и др. Именно към тази група е насочено вниманието в настоящето изследване. При закаляване в подобни среди са характерни три интервала на охлаждане: на образуване на т.н. парна риза, на мехурчесто кипене, на конвективен /контактен/ топлообмен. Скоростта на охлаждане трябва да бъде висока в перлитния интервал / 600-500°C/ - за да се избегне превръщането на аустенита в перлит, и да бъде ниска в мартензитния интервал / 300-200°C/, за да не се прибавят към структурните напрежения от превръщането на аустенит в мартензит и високи термични напрежения. Тези изисквания се удовлетворяват от условно въведеното понятие за идеална крива на охлаждане /1,2/. Използваните в практиката охлаждащи среди не отговарят в пълнота на тези изисквания. Традиционните охлаждащи среди като водопроводната вода и минералното масло не удовлетворяват посочените характеристики. Водата има

висока скорост в перлитния интервал, но и висока в мартензитния интервал, което често води до пукнатини и деформации на детайлите. При минералното масло – обратното: докато в мартензитния интервал е достатъчно ниска, то в перлитния е недостатъчно висока – например за някои нелегирани стомани. Това налага конкретен избор на охлаждащи среди за различните детайли и инструменти според стоманите, от които са изработени. [3, 4, 5, 6]

Целта е изследване на охлаждащата способност на течни среди за закаляване – традиционни – водопроводна вода и трансформаторно масло, сравнени с нетрадиционни охлаждащи среди, които са лесно достъпни в търговската мрежа като: водни разтвори на 0,9% NaCl - физиологичен разтвор, глюкоза 5%, среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5%, среда от 3% суспензия на бентонит е лесна за направа, а използването на черноморска вода вместо водопроводна е оправдано в крайбрежни райони като Варна. Желанието ни бе и да се дадат препоръки за възможна замяна на водата и маслото /което е пожароопасно и отделя при охлаждане вредни изпарения/ с някоя от посочените. Замяната на водата с разтвори на NaCl и глюкоза цели разширяване на интервала на мехурчесто кипене и увеличаване на скоростта на охлаждане в перлитния интервал, и намаляване на скоростта в мартензитния интервал. Използването на 3% суспензия на бентонит е с цел замяна на маслото, на морската вода - да се увеличи скоростта на

охлаждане в перлитния интервал при запазване на скоростта в мартензитния интервал.

Както и в предишни наши изследвания [4], експериментът протича при следната последователност: нагрятата до 830°C сребърна сфера с диаметър 20 mm със запоена термодвойка от хромел-алумел, се потапя в охлаждащата среда и с помощта на персонален компютър, използвайки програмата LabView се записва кривата на охлаждане ($T=f(t_{\text{охл.}})$). Получената функция се диференцира с помощта на програма Mathcad и получаваме функцията $V_{\text{охл.}} = f(T_{\text{охл.}})$.

Резултатите от изследванията са представени таблично в табл.1 и 2, и на фигури от 1 до 6.

В табл.1 са представени обобщените резултати за максималната скорост на охлаждане V_{max} , °C/s за всеки един от седемте варианта на охлаждане. Посочени са скоростите на охлаждане V , °C/s за перлитния интервал (600-500°C) и за мартензитния интервал (300-200°C). Сравняването е правено със скоростите на охлаждане - V °C/s на водата в началото на перлитния интервал - 235°C/s и в края на мартензитния интервал - 411°C/s.

В табл.2 са посочени данните на началото на втория стадий на охлаждане (мехурчесто кипене) – температура T^{II} , °C и t^{II} , s както и температурата на началото на третия стадий (конвективен топлообмен) – T^{III} , °C и времето при което настъпва - t^{III} , s при същите условия, както е указано за табл.1.

Табл.1. Максимална скорост на охлаждане и скорост на охлаждане в перлитния и мартензитния интервал.

Максимална е скоростта V_{max} при морската вода - 615°C/s, а минимална V_{max} - има масло - 198°C/s, като почти равни са V_{max} при бентонит 3% - 274°C/s и глюкоза 5% - 300°C/s.

При 200°C (в мартензитния интервал) - минималната $V_{\text{охл.}}$ има маслото - 3°C/s, а максимална скорост има водата - 411°C/s, като почти толкова е и при морската вода - 399°C/s.

От табл.2 се вижда, че втория интервал (на мехурчесто кипене) започва при най-висока температурата T^{II} при глюкоза 5% - 710°C при $t^{\text{II}} = 0.9$ s, а най-ниска температура T^{II} е при масло (при $t^{\text{II}} = 8$ s) – 460°C/s.

325°C/s е най-високата температура за началото на третия стадий (конвективен топлообмен) T^{III} при масло (при $t^{\text{III}} = 9.4$ s), а най-ниска е температурата T^{III} при водата (при $t^{\text{III}} = 3.4$ s) – 125°C.

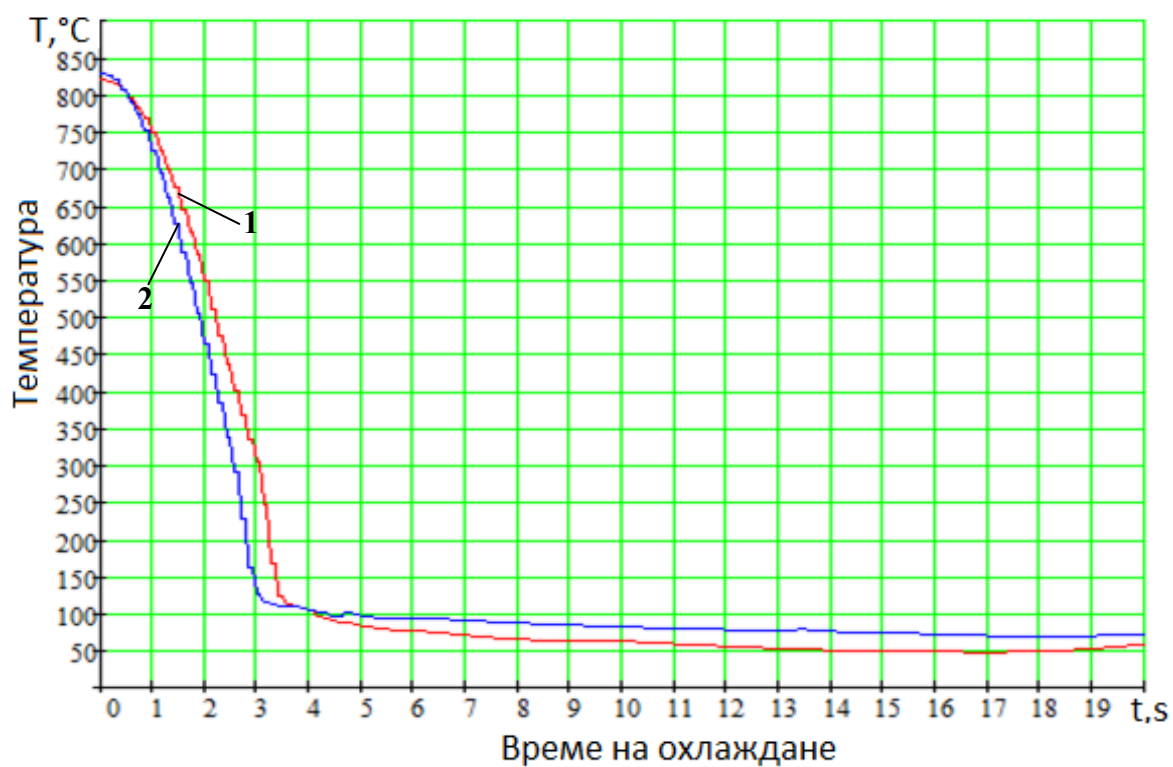
На фиг.1 и фиг.2 са показани температурните криви и скорости при охлаждане във физиологичен разтвор, сравнени с аналогични криви на водопроводна вода. По-подходяща среда е физиологичния разтвор, защото има по-висока скорост в перлитния интервал - 283°C/s и по-ниска в мартензитния - 373°C/s.

На фиг.3 е направено сравнение на охлаждащата способност на вода с тази при глюкоза 5%. Глюкозата е за предпочитане като среда за охлаждане по същите съображения-по-висока скорост в перлитния интервал - 290°C/s и по-ниска в мартензитния - 272°C/s.

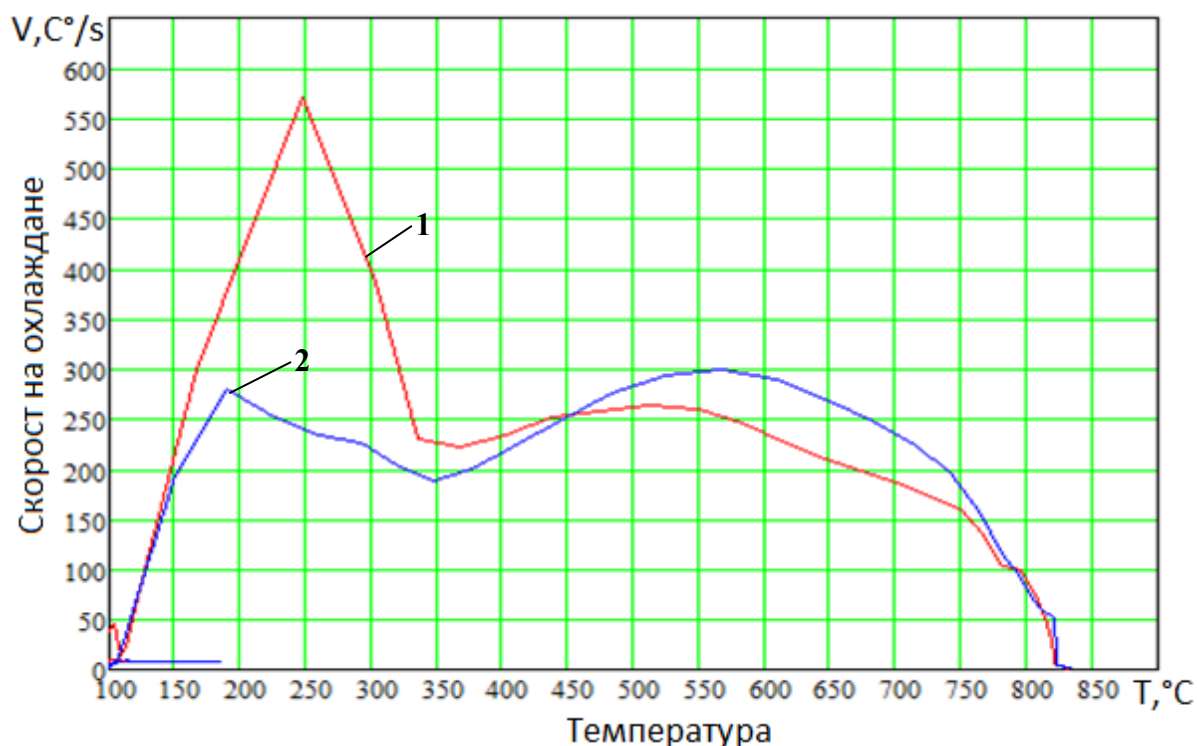
№	Охлаждащи среди	Макс. Скорост, Vmax, °C/s при T, °C		Скорост на охлаждане, Vохл, °C/s			
				Перлитен интервал		Мартензитен интервал	
		Температура	Скорост	600°C	500°C	300°C	200°C
Охлаждащи среди с температура 20°C							
1	глюкоза 5%	567	300	290	282	220	272
2	физиологичен разтвор NaCl 0.9%	228	468	283	284	419	373
3	NaCl 0.9%+глюкоза 5%	260	443	288	282	350	353
4	бентонит 3%	231	274	202	219	177	229
5	масло	405	198	46	54	25	3
6	вода	248	571	235	262	398	411
7	морска вода	291	615	283	277	597	399

Табл.2. Температури и време на началото на втори и трети стадий на охлаждане

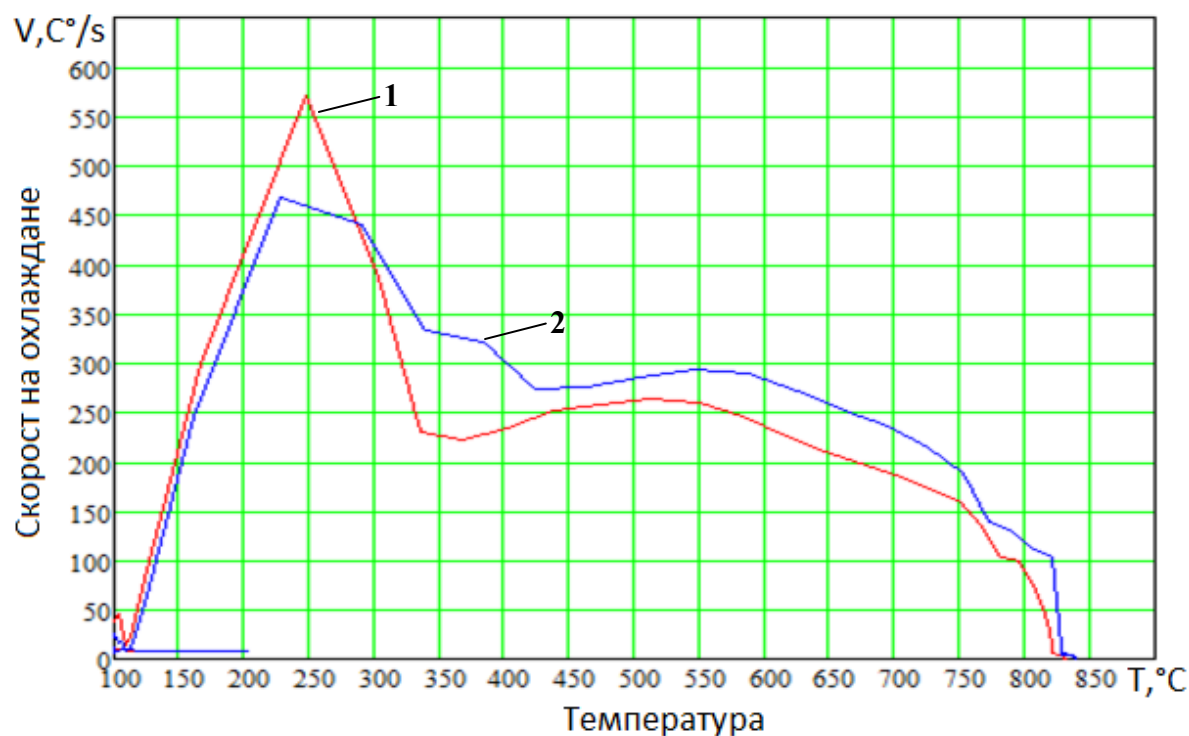
№	Охлаждащи среди	Температура, $T^{\text{II}}\text{°C}, t^{\text{II}},\text{s}$ на началото на втори стадий		Температура, $T^{\text{III}}\text{°C}, t^{\text{III}},\text{s}$ на началото на трети стадий	
		$T^{\text{II}},\text{°C}$	t^{II},s	$T^{\text{III}},\text{°C}$	t^{III},s
Охлаждащи среди с температура 20°C					
1	глюкоза 5%	710	0,9	150	3,7
2	физиологичен разтвор NaCl 0.9%	590	2,1	150	3,2
3	NaCl 0.9%+глюкоза 5%	700	1,2	150	3,4
4	бентонит 3%	650	1,9	200	4,4
5	масло	460	8	325	9,4
6	вода	650	1	125	3,4
7	морска вода	700	0,2	285	2,2



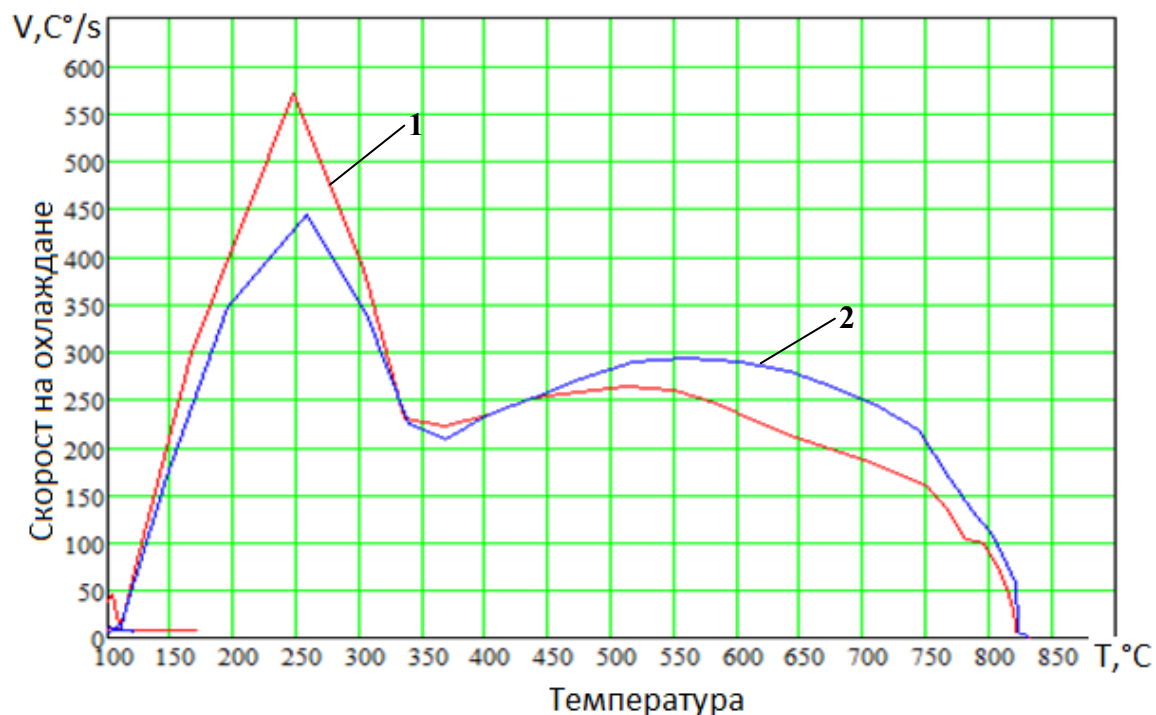
Фиг.1. Изменение на температурата по време на охлаждане:
 1 – вода; 2 – физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



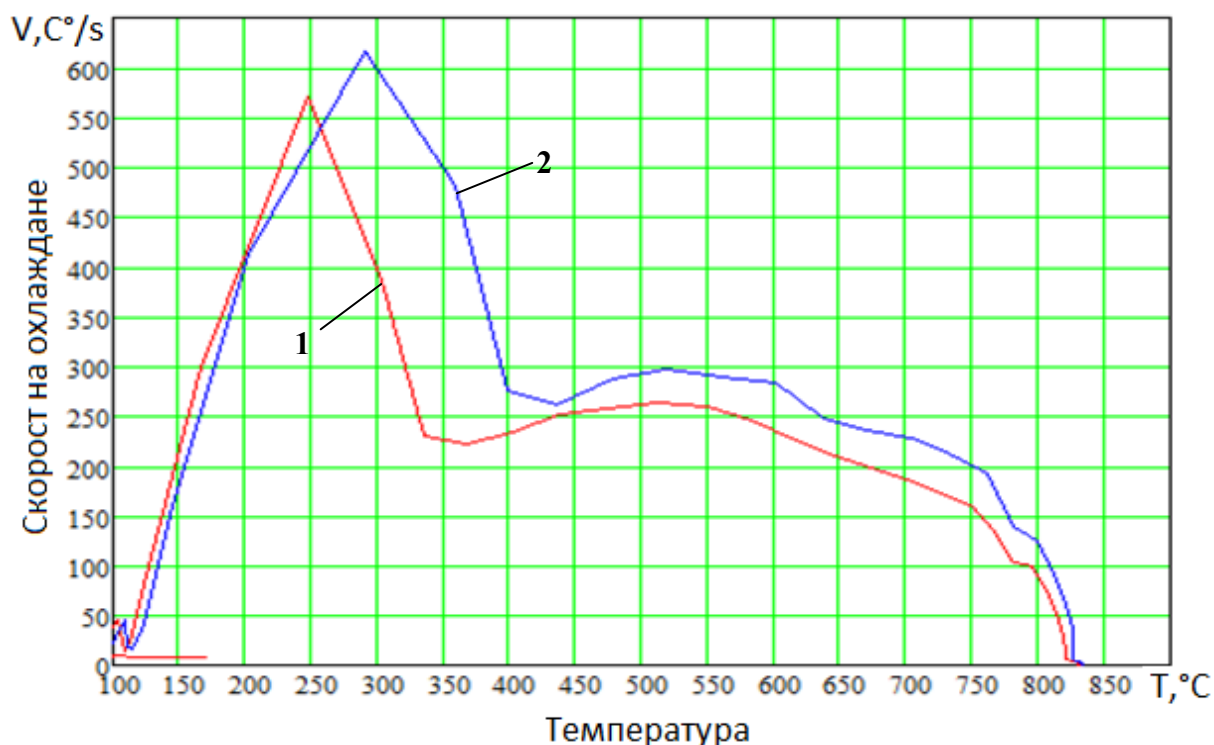
Фиг.3. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – вода; 2 – 0,5% глюкоза.



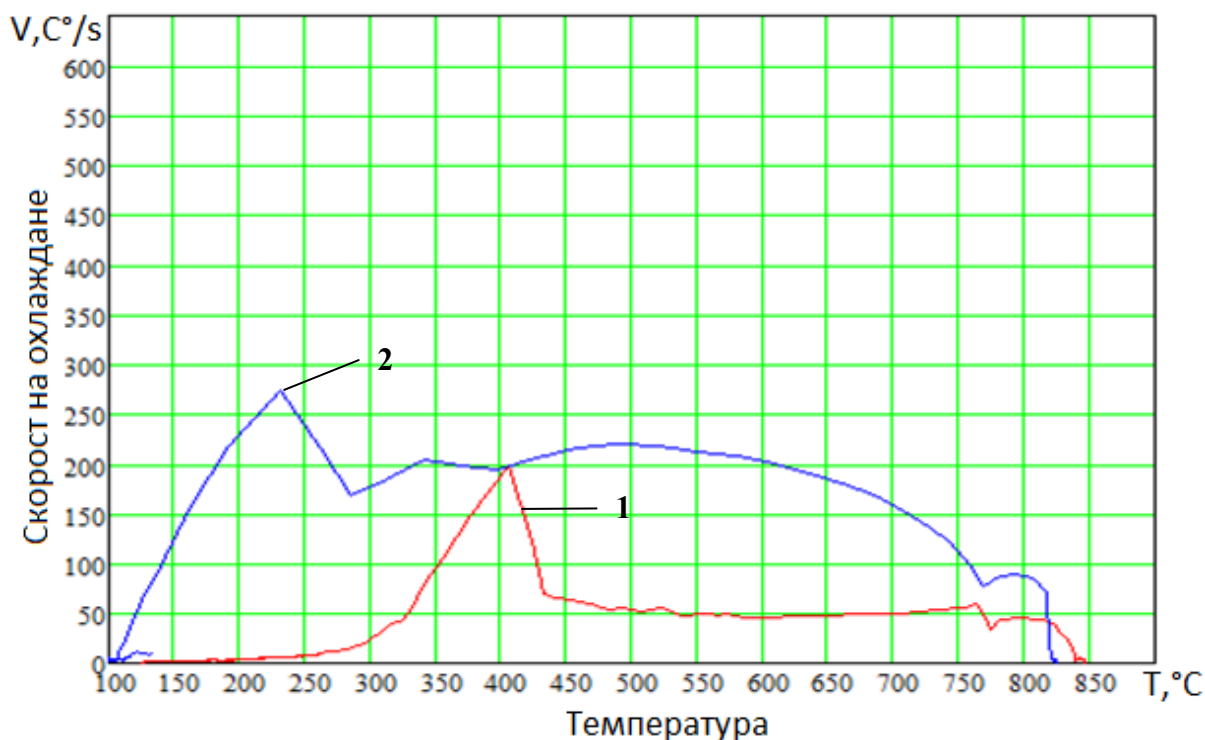
Фиг.2. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – вода; 2 – физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



Фиг.4. Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – вода; 2 – 0,5% глюкоза и физиологичен разтвор 0,9% NaCl.



Фиг.5 Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – вода; 2 – морска вода.



Фиг.6 Изменение на скоростта на охлаждане в зависимост от температурата:
1 – масло; 2 – бентонит.

Сравнението между вода и среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5% също е в полза на втората охлаждаща среда поради същите причини, посочени по-горе /фиг.4/.

Интересно е сравнението между вода и морска вода, показано на фиг.5 – благоприятно е, че при морската вода скоростта на охлаждане в мартензитния интервал е по-висока /283 $^\circ\text{C/s}$ / спрямо тази на водата, а в перлитния скоростите са изравнени. Би могло, да се препоръча използването на морската вода при закаляване на средно- и нисковъглеродни стомани.

На фиг.6 са сравнени трансформаторно масло и 3% бентонит. Благоприятна е високата скорост при бентонита в перлитния интервал - 202 $^\circ\text{C/s}$ и сравнително ниската в мартензитния - 229 $^\circ\text{C/s}$.

Вижда се, че замяната при закаляване на водата с водни разтвори с 0,9% NaCl - физиологичен разтвор, с глюкоза 5%, и среда с 0,9% NaCl и глюкоза 5% води до разширяване на интервала на мехурчесто кипене и увеличаване на скоростта на охлаждане в перлитния интервал, и намаляване на скоростта в мартензитния

интервал.

Установено е и, че охлаждащата среда с глюкоза 5% има характеристики близки до тези на 3% бентонит – при глюкоза 5% V_{max} е 300 $^\circ\text{C}$, а при 3% бентонит – 274 $^\circ\text{C}$ (при маслото е 198 $^\circ\text{C}$) и при това максимумът на първата среда е изместен в перлитния интервал - при 567 $^\circ\text{C}$, а за 3% бентонит е в мартензитния интервал, което е неблагоприятно, а при маслото е извън тези интервали - при 405 $^\circ\text{C}$. И доколкото среда с 3% бентонит се предлага за заместване на маслото при закаляване, то бихме препоръчали и глюкоза 5% да замени 3% бентонит и респективно маслото при закаляване на определени стомани, като трябва да се направят допълнителни изследвания в това направление.

Изводи

1. Сравнена е охлаждащата способност на нетрадиционни охлаждащи среди – физиологичен разтвор с 0,9 % NaCl, глюкоза 5%, смес съдържаща 0,9% NaCl и 5% глюкоза, морска вода с тази на водопроводна вода, трансформаторно масло и среда с 3% бентонит във вода. Определено е влиянието на времето и температурата на охлаждане върху скоростта им на охлаждане в перлитния и мартензитния интервал при закаляване на стомани.

2. От изследваните водни разтвори за закаляване могат да се препоръчват: глюкоза 5% вместо 3% бентонит или вместо масло, физиологичен разтвор вместо водопроводна вода. При средно- и нисковъглеродни стомани за закаляване може, да се използва морска вода вместо водопроводна вода.

Литература

[1] Бучков, Д. Термична обработка на металите. С. ДИ Техника 1980.

[2] Данев, П. Темична обработка на стоманите. Русе. 2001.

[3] Данев, П. Охлаждаща способност на среди за закаляване на стомани на базата на олигомера на полиетиленовия окис. Юбилейна научна сесия „150 години от раждането на Васил Левски”. Научни трудове на ВНБУ „Васил Левски” книжка №7, Велико Търново 1987. с. 277-283.

[4] Ставрев, Д., О. Жеков. Влиянието на въздействието с ултразвук върху охлаждащата способност на среди за заляване. Научна конференция „Науката в служба на обществото”. Съюз на учените – Варна. 2013 г.

[5] Tensi, H.M. and M. Schwalm. Abkuhlverlaufe im silberzylinder and in Stahlringen beim Abschrecken in verschiedenen Medien sowie Beobachtungen zum verzug der Ringe, ZwF.76 (1981), 4, s 194-199.

[6] Tensi, H.M. and M. Schwalm, Wirkung von Abschreckflüssigkeiten unter Berücksichtigung spezieller wabriger Kunststofflösungen (polyathylenoxide), HTM35 (1980) 3, s 122-129.

За контакти:

9010, Варна, ул. „Студентска” 1

проф. д.т.н. Димитър Ставрев

e-mail: d_stavrev@abv.bg

ас.инж. Огнян Жеков

e-mail: ITL21c@abv.bg

МЕХАНИКА НА РАЗРУШАВАНЕТО И ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА БЪРЗА ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА

Йордан Бояджиев, Диян М. Димитров

Резюме: Настоящата разработка има за цел систематизация на последните изследвани върху механиката на разрушаването. Тя е част от серия изследвания и нейната цел са възможностите за бърза експертна оценка на резултатите от уморни изпитвания на пробни тела, получена след различна обработка. Тези резултати ще се използват за намиране параметрите на функцията на разпределение на границата на умора на реални детайли, работещи при променливи натоварвания.

Ключови думи: разрушаване, граница на умора, експертна оценка

Въведение

Големият древногръцки мислител Аристотел въвежда понятието "критична сила", при кято телата се разрушават. С това той поставя основите на теорията на разрушаването[1].

В механиката на разрушаването се разглеждат процесите на образуването на микро- и макрупукнатини, като след тяхната поява и нарастването им до определена големина, се смята, че е настъпило разрушаване.

За да оценим процесите на разрушаване, трябва да използваме максимално обхващащ всички важни моменти метод на механично моделиране и да извършим необходимите изпитания.

Методите за оценка разрушаемостта на материалите при циклични натоварвания зависят от характеристиките на условията на натоварването и най-общо можем да ги разделим на две групи:

-преки(с продължителни изпитания на много образци) и

- косвени, използващи по-малко образци и ускорени методи за оценка.

Като основен критерий за разрушаване се приема пълното разрушаване на образца или появата на макрупукнатина на повърхността на пробното тяло с големина 0,5-1 мм[2].

В зависимост от обекта, в който се развива пукнатината – чисто еластична или еластично – пластична непрекъсната среда, механиката на разрушаването се разделя на линейно – еластична (линейна) и линейно – пластична (нелинейна) механика на разрушаване.

Най-опасно и непрогнозируемо е крехкото разрушаване. То протича при отсъствие на пластична деформация.

При съвременните подходи за техническата диагностика разрушаването се разглежда като случайна величина, а надеждността се разглежда като плътност на вероятността за отработка на изделието до отказ. Експертната оценка е по следната последователност:

- Класификация на елементи от оборудването, с потенциален риск от разрушаване

- Определяне на детайлите подложени на знакопроменливо натоварване

-Установяване наличие на концентратор на напреженията(конструктивен) или наличие на дефект(нехомогенност) в материала

- Създаване на математически модел и пресмятане, в зависимост от натоварването на възможната дефектация.

- Подбор на подходящ материал-да се избегне разрушаването и изпитания на поведението на този материал при умора.

Условна експертна оценка на металната конструкция - проверка на умора на материала.

Разрушавания на изделията от умората са били зафиксирани още в първата половина на 19-столетие. Самият термин “умора” е бил въведен през 1839 год. от френския учен Понселе . Проблемът се изострил към средата на 19 век, във връзка с развитието на железопътния транспорт, когато са наблюдавани разрушавания на вагонните оси. Към същото време се отнасят разработките на Вьолер (Wohler), който първи е разработил методиката за определяне на границата на умора. Този метод (“метода на Вьолер”), предложен през 1858 год., понастоящем остава основен при определяне на цикличната якост на материалите. Проблемът с изучаване

на умората на металите има огромно приложно значение, т.к. по-голямата част на внезапните разрушавания на изделия се дължи именно на умората[3].

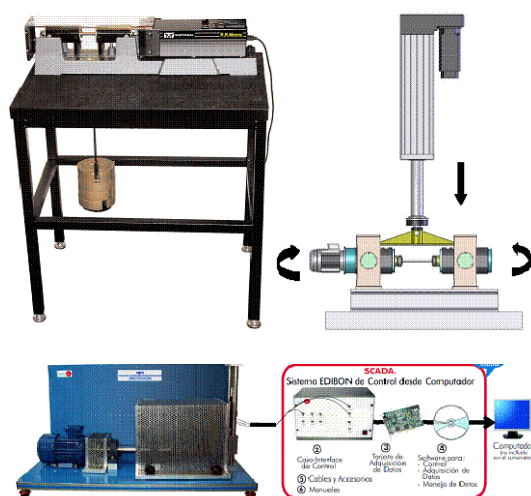
В инженерната практика отдавна е известно, че при знакопроменливи натоварвания, дори с относително малки стойности на натоварващите усилия, се наблюдава неочаквано разрушаване в металните конструкции, докато при статично натоварване те биха могли да носят значително по-голям товар. Примери - въртящи валове; елементи в коляномотовилкови механизми; пружини; самолетни крила; детайли, подложени на вибрации, мостови конструкции и др.

Условия за определяне на знакопроменливо натоварване:

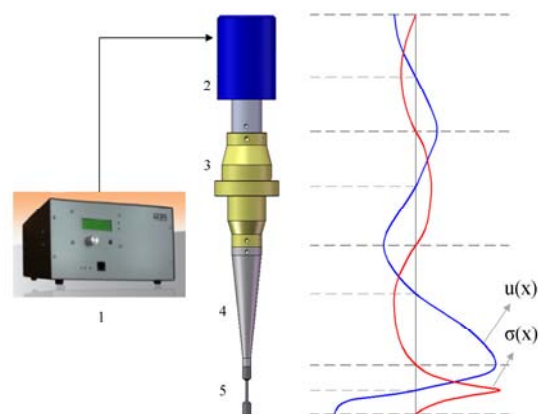
- характеристики на цикъла
- схема на напрегнатото състояние
- честотата на натоварването
- температурата
- свойствата на околната среда

Установено е, че границата на умора при огъване е по-висока от тази при опън-натискова схема, а най-ниските стойности се получават при знакопроменливо усукване.

Класически стендове за изпитване[4] (фиг.1.) - недостатък - сериозни резултати за поведението на изследваните материали при умора се получават след продължителни изпитания-седмици и месеци(за стомана цикъл 10^7 е три седмици, а цикъл 10^9 -четири месеца[5]).



Фиг. 1. Стендове за изпитване на умора[4].



Фиг. 2. Схема на стенд за ултразвуково изпитване на умора в лаборатория на катедра Техническа механика, ТУ-Варна [6]

1-генератор; 2-пиезокерамичен преобразувател; 3-бустер; 4-сонотрод; 5-изпитван образец

С развитието на ултразвуковите технологии методиката за изпитване на умора при високи честоти се прилага все по-често, в последните години. Предимства-много по кратки изпитания-нужната информация за поведението на материала при умора се получава за часове. На фигура 2 е показана схема на ултразвуков стенд за изпитване на умора, проектиран и реализиран в Технически Университет-Варна[6].

Експертна оценка за разпушаване от умора на конкретен детайл-зъбно колело

Зъбните колела са сред най-разпространените машинни елементи в машиностроенето. Счупването на зъба е най-опасната повреда. Счупвания се получават и при сравнително по-малки напрежения вследствие умора на материала[7].



Фиг.3. Счупване на зъб на зъбно колело вследствие умора

Счупването на зъбите се предотвратява чрез якостно изчисляване, определяне на напреженията на огъване в основата на зъба и сравняването им с допустимите такива.

Изчисляването на товароносимост на зъбните предавки се провежда с цел да се определят такива размери на зъбите и колелата от предавката, при които да се избегнат съответните повреди. Изчисленията на огъване и на контактна якост са стандартизирани по БДС 17108-89 и ISO 6336-1989[7].

Точното задаване на еластичните параметри на материала (модулът на еластичност- E , модулът на срязване- G и коефициента на Поасон- ν) е важно при якостни пресмятания. В практиката на безразрушителните изпитвания са наложени различни методики за определяне на еластичните константи на материалите. Еластичните константи може да се определят като функция на собствените честоти, масата и геометричните размери на образца, например прилагайки следната процедура [8]:

-определят се честотите на първите форми на огъващи (напречни) и усукващи трептения;

-на база определените собствени честоти се определят модулите първоначални стойности на модулите E и G

-последователно се задават стойности на коефициента на Поасон ν докато бъде удовлетворена зависимост (1) с достатъчна точност.

$$\nu = \frac{E}{2G} - 1 \quad (1)$$

Използвайки разработената методика[5], [6] и пресмятайки по нея еластичните параметри на материала, може да се прогнозира поведението и възможностите от разрушаване вследствие на умора на зъбни колела, изработени от пм стомани.

ОБОБЩЕНИЕ - РАЗРУШАВАНЕ - БЪРЗА ЕКСПЕРТНА ОЦЕНКА

1. Наличие на знакопроменливо натоварване.
2. Наличие на концентратор на напреженията(конструктивен) или възможно наличие на дефект(нехомогенност) в материала.

3. Математически модел-пресмятане в зависимост от натоварването на възможната уморна дефектация.

4. Подбор на подходящ материал-да се избегне разрушаването и изпитания на поведението му при умора с ускорен метод за ултразвуково изпитване при честота 20kHz.

Благодарности

Докладът е финансиран от Технически Университет-Варна по Конкурс за научни проекти, финансирани от държавния бюджет - 2015 - проект НП17 "Изследване на уморната дълготрайност на конструктивни елементи, подложени на нерегулярни натоварвания"

Литература:

- [1]И.Тр.Минчев, Механика на катастрофалните разрушения, София,1997.
- [2] Л.М.Школьник, Методика усталостных испытаний, Справочник, Москва, Металлургия, 1978.
- [3] Е.Русева, Изпитване на материалите и безразрушителен контрол, ТУ-Варна, 2004
- [4] Gustavo Jiménez, Fatiga de los metales. Generalidades, Monografias, Posgrado, 2011, <http://www.monografias.com/trabajos88/fatiga-metales-generalidades/fatiga-metales-generalidades.shtml>
- [5]. Димитров Д.М., Михайлов В.,Костов Б., Димитров Р., Моделиране на пробни образци за изпитване на умора при честота 20kHz, Научни известия на НТСМ (Дни на БК 2012), Година XX, Брой 1(133), Юни 2012, стр..155-159, ISSN 1310-3946
- [6] Д. М. Димитров, Б. Костов, К. Костов, Методика за определяне на еластичните константи на образец от пм стомана за изпитване на умора при 20khz. в: Известия на съюза на учените-Варна, 2012, стр. 116-12, ISSN 1310-5833
- [7] Списание "Инженеринг ревю", Повреди на зъбни колела, брой 8, 2012. <http://engineering-review.bg/engineering-statii.aspx?br=83&rub=922&id=2048>
- [8] ASTM E1876 - 09 Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio by Impulse Excitation of Vibration

За контакти:

9010 Варна, ул. "Студентска"1
Технически университет -Варна, Катедра ТМ
j_boyardjiev@abv.bg
dimitrov.divan@gmail.com

ISSN 1310-5833
