

3D МОДЕЛИРАНЕ НА ОБРАЗЦИ ОТ ЛИСТОВ МАТЕРИАЛ ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УМОРНА ЯКОСТ СЛЕД ГКН

Ярослав Аргиров

Abstract: Chemical heat treatment of metals and alloys is carried out by heating to a certain temperature or temperature ranges in retention at these temperatures a certain time in a gas, liquid or solid medium. This changes not only in structure but also in the chemical composition of the surface layers, allowing too widely to izmenyat properties of metals and alloys.

Key words: computer modeling, fatigue strength sheet material nitriding

1. Въведение

Същността на всяко химико-термично обработване се свежда до изменение на химическия състав, структурата свойствата в повърхностните слоеве на изделията или инструментите, които обикновено са подложени на най-силни механични, физико-химични и други въздействия, т.е. измененията са в слоевете, където възникват максимални напрежения, пукнатини, процеси на максимално износване, корозия и други. Чрез него се постига необходимото подобряване на качеството на машинните части и инструменти, което води до повишаване на тяхната производителност, надеждност дълготрайност и до реализиране на икономии на метали и сплави.

Особено широко практическо приложение са намерили процесите на навъглеродяване, азотиране, азото навъглеродяване. В резултат на това химико-термично обработване се получават машиностроителни изделия и инструменти с повишена твърдост и износоустойчивост на повърхностните слоеве при запазване на относително жилава сърцевина.

Навъглеродяването, азотирането и цианирането рязко повишават границата на якостта на умора на машинните части. Азотирането представлява процес на повърхностно насищане на стоманите с азот. Провежда се най- често в среда от амониак с други газове. Подлагат се на азотиране детайли работещи на износ и знакопроменливи натоварвания.

Азотираните изделия имат следните преимущества: висока твърдост, износоустойчивост, топлоустойчивост и корозионна устойчивост.

2. Методика на експеримента.

2.1. Подготовка на образците.

За провеждане на експеримента са изготвени образци от стомана 08кп (DS11/BDSSEN1011) с размери: 80x10x0,5mm. Физичните характеристики са:

-плътност 7871kg/m^3

-динамичен модул на еластичност (измерен чрез импулсно резонансен метод) $E_d=203\text{GPa}$

-коефициент на Поасон $\nu=0.28$

2.2. Азотиране.

За провеждане на експеримента, подготвените ленти се карбонитрират и една част от тях се нагряват повторно и охлаждат в масло, а друга част във вода.

Азотирането се провежда най- често в среда от амониак или смес от амониак и други газове. При висока температура амониакът дисоциира и отделя реакционноспособен азот. При дисоциация на амониака в обема на пещта атомарния азот рекомбинира бързо и не участва във формирането на дифузионния слой. При дисоциация на границата метал-насищаща среда полученият атомарен азот адсорбира върху обработваемата повърхност и дифундира в решетката на метала.

Режим 1:

-температура $t=560^\circ\text{C}$;

-време $\tau=240\text{min}$;

-охлаждане в NH_3 ;

-среда NH_3 , CO_2 .

Режим 1 и 2:

-температура $t=560^\circ\text{C}$;

-време $\tau=20\text{min}$;

-охлаждане във вода;

-среда въздух.

Режим 1 и 3:

-температура $t=560^\circ\text{C}$;

-време $\tau=20\text{min}$;

-охлаждане в масло;

-среда въздух.

2.3. Умора на материала.

Границата на якостта на умора (σ_r, τ_r) при произволен несиметричен цикъл е различен за различните стойности на средното напрежение σ_m . Опитно е установено, че тя е най-малка, когато $\sigma_m=0$, следователно симетричният цикъл е най-опасен. Ето защо границата на умора се определя най-често при симетричен цикъл на напрежението σ_{-1} . При липса на данни за границата на умора при симетричен цикъл на натоварване тя може приблизително да бъде определена по следните емпирични зависимости от якостта при статичен опън: $\sigma_{-1}=0,28 \sigma_{B-1} = 0,4 \sigma_B$, $\tau_{-1}=0,22 \sigma_B$. Извършва се с машини, които произвеждат променливи натоварвания (опън-натиск, огъване, усукване) със симетричен цикъл с честота от 2000 до 5000 цикъла в минута. За целта се изработват от 8 до 10 напълно еднакви пробни тела от изпитвания материал. Първото се поставя на машината и се подлага на променливо натоварване със симетричен цикъл и амплитуда $\sigma_{a1}=(0,5 \div 0,6) \sigma_B$. След време пробното тяло се разрушава, машината спира автоматично, а броячът е отчел брой на циклите N_1 . Поставя се второто пробно тяло, но амплитудата на напрежението σ_{a2} е по-малка от σ_{a1} .

Разрушаването настъпва при по-голям брой цикли ($N_2 > N_1$), Поставя се третото пробно тяло, но $\sigma_{a3} < \sigma_{a2}$ и следователно $N_3 > N_2$ т.н., докато при определено голямо число цикли N_0 , наречено базисно число, пробното тяло не се разрушава. Опитно е установено, че ако стоманеното пробно тяло не се разруши до $N_0=10^7$ цикъла, то издържа и произволно голям брой цикли.

3. Компютърно- симулационен анализ за изследване на карбонитрирани пластинки на умора.

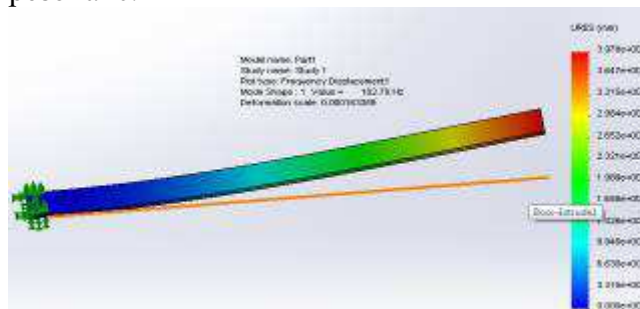
Приложението SolidWorks разполага с голям набор от инструменти за различни по вид изследвания. За да изчислим ориентировъчния брой цикли и вероятността за разрушаване в % е използван инструментът –Fatigue (умора).

3.1. Изчисляване на собствени честоти.

Първата стъпка през която трябва да преминем е изчисляване на собствените резонансни честоти. Инструмента позволява изследване на всякакви по форма и размери

детайли. Чрез инструментите Features и Sketch създаваме пластинката и нейния материал.

От видовете изследвания в програмния продукт избираме инструмента Frequency. Инструмента позволява търсенето на огромен брой собствени честоти, като също така визуално показва и тяхната форма и преместване при вибрации от получения резонанс.

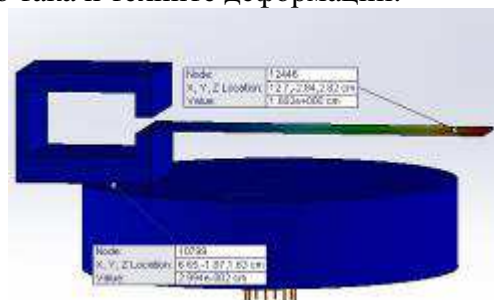


Фиг.1. Определяне на собствените честоти и преместването при вибрации

Стартираме изследването при което получаваме резултат 102.79Hz с увеличаване на дължината на пластинката работната честота ще намалява и обратно. Инструмента е настроен да показва само първите 5 резонансни честоти в радиани за секунда и в херци.

3.2. Изчисляване на максималните премествания и напрежения.

Втора стъпка в методиката е изследването на пластинката за максималните напрежения и премествания които ще се създадат в нея посредством изследването Static от менюто New Study. Нужно е да определим преместването на вибромасата при максимален режим на работа от 60N посредством Linear Dinamyc–Harmonic. Настройваме работната честота и силата на вибромасата. Като резултат получаваме преместването на вибромасата и пластинката, също така и техните деформации.

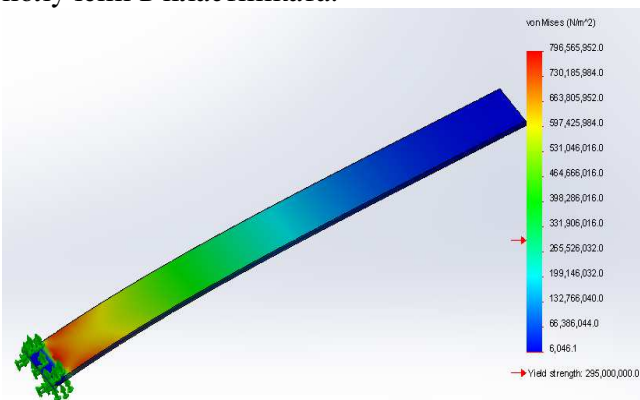


Фиг.2. Определяне преместването на пластинката и на вибромасата

На фиг.2 се вижда преместването на пластинката и на вибромаста. Данните използване в изследването Static.

3.2.1. Максимални напрежения.

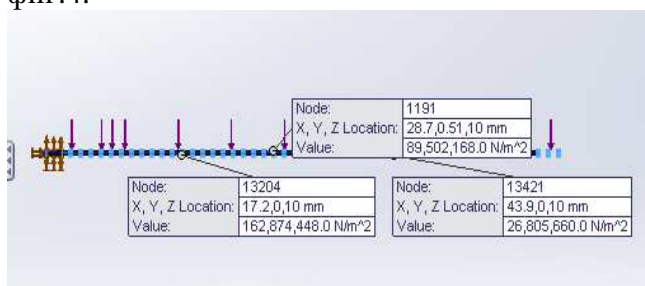
След приключване на калкулирането на резултатите в SolidWorks се извежда инструмента Stress съответстващ за определяне на максималните напрежения получени в пластинката.



Фиг.3. Определяне на максималните напрежения

Графиката ясно показва, че възникват напрежения в зоната на захващане от порядъка на 663MPa до 797MPa които многократно надвишават коравината на материала 300MPa и неговото разрушаване в тази зона е неминуемо, фиг.3.

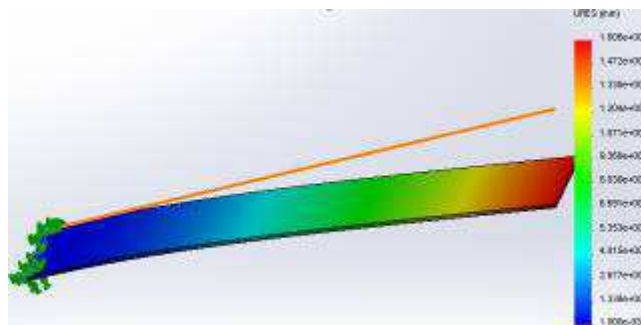
Инструмента Probe Result позволява селектиране на отделни точки от пластинката и извеждане на резултат с напреженията в тях, фиг.4.



Фиг.4. Резултати на напреженията в пластината

3.2.2. Максимални премествания.

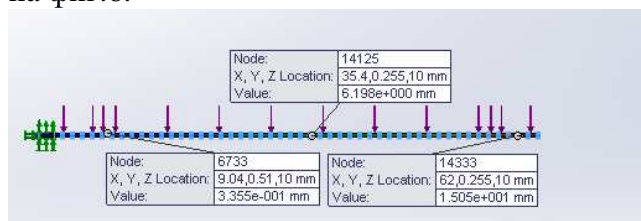
От лентата с резултатите избираме Displacement за да визуализираме максималното преместване на пластинката.



Фиг.5. Определяне на максималните премествания

Максималното преместване на крайната точка на пластинката е 16mm, напълно достатъчно за създаване на достатъчно големи напрежения, показани на фиг.5.

Чрез Probe Result селектираме отделни точки от пластинката и извеждаме резултатите с преместванията в тях, показано на фиг.6.



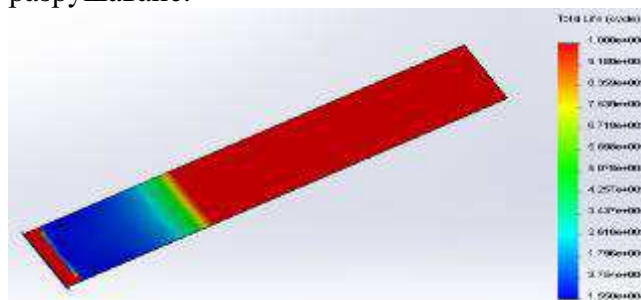
Фиг.6. Резултати на преместванията в пластината

3.3. Изчисляване умора на материала.

Изследването Fatigue има една особеност то работи само с предварително изчислено изследване Static Linear Or Nonlinear. След създаване на изследването Static от менюто със изследвания изберем Fatigue с под меню Constant Amplitude и го добавяме към инструмента Loading който е част от изследването за умората.

3.3.1. Ориентиран брой цикли

Резултатът Live показва зоните и техният брой цикли необходим за разрушаване.

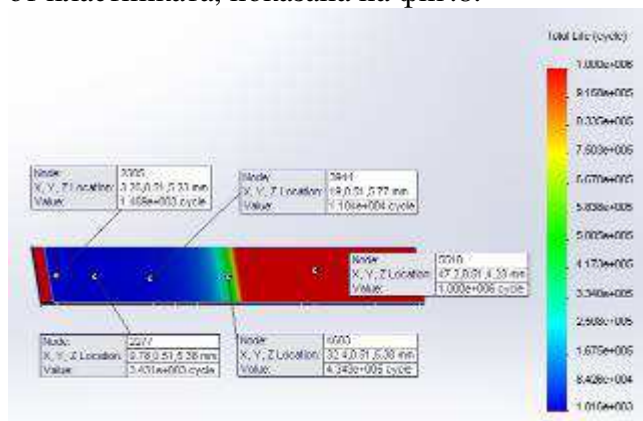


Фиг.7. Определяне на броя цикли необходим за разрушаване

Броят цикли необходим за разрушаване в зоната на максималните напрежения е около 15500. При работна честота 102,7Hz процеса по разрушаване ще продължи около 150s. Както се вижда разрушаването е само около зоната на захващане в зоната отбелязана с червено разрушаването е невъзможно, фиг.7.

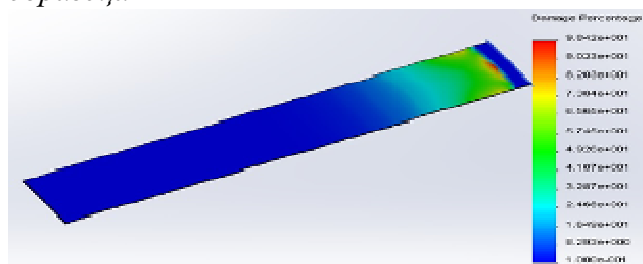
Чрез ориентировъчния брой цикли може да бъде точно изчислено натоварването необходимо за разрушаване на образеца.

И тук с помощта на менюто Probe се определя броя цикли за всяка избрана точка от пластинката, показана на фиг.8.



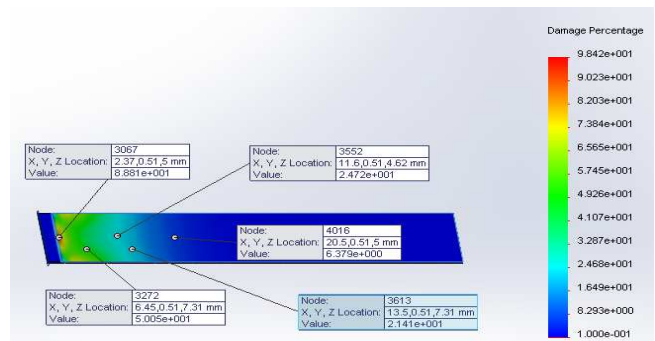
Фиг.8. Определяне броя цикли за всяка избрана точка от пластинката

3.3.2. Вероятност за разрушаване на образеца



Фиг.9. Определяне вероятността за разрушаване

Резултатът Damage показва процентът вероятност за разрушаване в различните зони от пластинката. Зоната на зараждане на пукнатини от умора на материала е отбелязана с червено непосредствено до зоната на захващане на образеца, теоретичната вероятност за разрушаване е между 90-98,4% фиг.9.



Фиг.10. Определяне вероятността за разрушаване за всяка избрана точка от пластинката

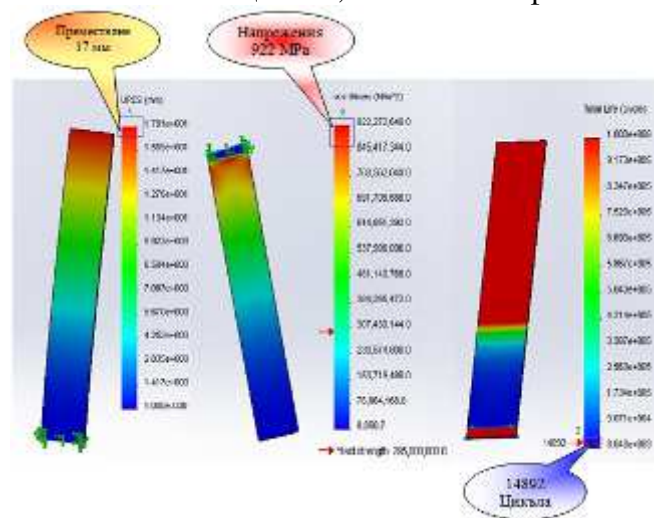
Използвайки Probe от фиг.10 можем да добием още по ясна представа за вероятността.

4. Експериментална част.

Изследване на пробните образци.

✓ Поставяне на образец 1

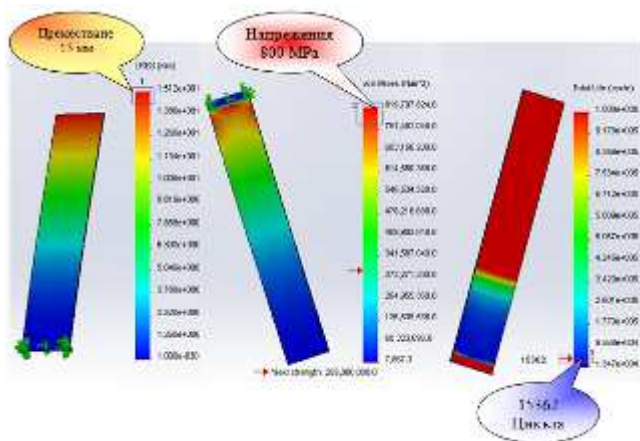
За времето от 145s и честота 102.7Hz образец 1 е извършил максимално достижимото преместване от 17mm като при това преместване е постигнато напрежение в зоната на пукване в границата от 845MPa до 922MPa и 14892 цикъла, показани на фиг.11



Фиг.11. Резултати на образец 1

✓ Поставяне на образец 2.

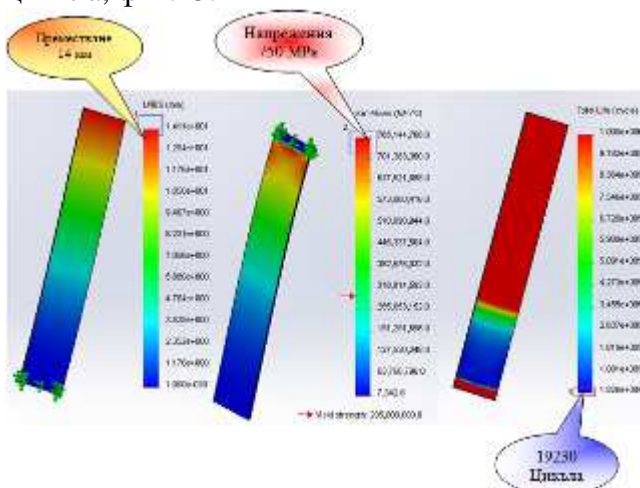
За общото време от 171s и честота от 102.7 до 44Hz образец 2 е извършил максимално достижимото преместване от 15mm като при това преместване е постигнато напрежение в зоната на пукване в границата от 751MPa до 820MPa и 15362 цикъла, фиг.12.



Фиг.12. Резултати на образец 2

✓ Поставяне на образец 3

За общото време от 199s и честота от 102.7 до 65Hz образец 3 е извършил максимално достижимото преместване от 14mm, като при това преместване е постигнато напрежение в зоната на пукване в границата от 701MPa до 765MPa и 19230 цикъла, фиг.13.



Фиг.13. Резултати на образец 3

5. Заключение

1. На база на проведената експериментална част констатираме, че компютърната методика за изпитване на умора на карбонитрирани пластинки е действаща.
2. Колкото по-голямо е преместването на вибромасата толкова по-големи са напреженията в пластинките.
3. Изпитването чрез звукова система, правилното подбиране на вибромаса и използване на изработената компютърна методика намаляват времето необходимо за изпитване на умора.

4. Изследването на карбонитрирани пластинки чрез програмния продукт „SolidWorks„ и проведения реален експеримент ни дава основание да смятаме, че получените резултати са близки. Това ни дава основание да смятаме, че метода е надежден и адекватен и може да се използва за предсказване.

5. От получените резултати по експериментален път за пробите и съответните резултати получени чрез програмния продукт може да се заключи, че грешката е относително ниска.

5. Литература

[1] Атанасова Й., Тодоров Хр., Рашев Г. „Албум по металознание и термична обработка”

[2] Лахтин Ю.М., „Азотиране стали” – Машиностроение Ленинград, 1960г.

[3] Димитров Д., Михайлов В., Костов Б., “Проектиране на сонотрод на ултразвуков стенд за изпитване на умора” Технически университет-Варна.,2013г.

[4] Zlateva P., Yordanov K, Dimitrov D., Numerical simulation of temperature separation phenomena inside vortex tube, ATC, University Politehnica Timisoara, Fascicule 4, Tome VII, 2014, pp. 23-26

[5] Стоянова А., Цонева З., Мечкарова Т., Изследване процесите на повърхностно якостно уякчаване на стомана 45 чрез използване на концентрирани източници на топлина., XX НТК с международно участие, ЕКОВАРНА 2014, 15-17 май 2014г.

[6] Стоянова А., Цонева З., Мечкарова Т., Експериментално-статистическо изследване на оптималните режими за работа под вода и на сухо при повърхностна плазмена термообработка., XX НТК с международно участие, ЕКОВАРНА 2014, 15-17 май 2014г.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
 Технически университет -Варна
 гл.ас д-р инж. Ярослав Аргиров,
 e-mail: jaroslav1955@abv.bg