

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА УМОРНА ЯКОСТ НА ЛИСТОВ МАТЕРИАЛ СЛЕД ГКН

Ярослав Аргиров

Abstract: The essence of any chemical heat treatment is limited to changing the chemical composition, structure properties in the surface layers of articles or tools, which are usually subjected to the most severe mechanical, physico-chemical and other impacts, ie changes in the layers where they arise maximum voltages cracks processes of maximum wear, corrosion and others. Through it achieves necessary to improve the quality of machine parts and tools, thereby increasing their performance, reliability and durability to savings of metals and alloys.

Key words: Fatigue strength, sheet material, nitriding, surface layers

1. Въведение

Химико-термичното обработване на металите и сплавите се осъществява чрез нагряване до определена температура или в температурни интервали в задържане при тези температури определено време в газова, течна или твърда среда. Това води до изменение не само в структурата, но и в химичния състав на повърхностните слоеве, което позволява в твърде широки граници да се изменят свойствата на металите и сплавите[1,3,5].

Най-често в практиката се извършват процеси за насищане на повърхността на машиностроителните изделия с въглерод (навъглеродяване), с азот (азотиране) с хром (хромиране), с алуминий (алитиране), със силиций (селициране), с бор (бориране), със сяра (сулфидиране) и други. Известни са също и редица комбинирани методи за химико-термично обработване, последователно или едновременно с два или повече елемента- например с въглерод и азот (азотонавъглеродяване), с хром и алуминий (хромоалитиране) и други[4,6].

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[7,9].

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[1,6,8].

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.

В таблици 1, 2 и 3 са показани съответно, химичния състав, механичните и физически характеристики на стоманата [2,9].

Табл.1. Химичен състав на образците

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0,05-0,12	до 0,03	0,25-0,5	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,1	до 0,3	до 0,08

Табл.2. Механични характеристики на образците

Якост на опън, Rm, МПа	Граница на провлачане, Re, МПа	Относително удължение, A, %	Якост на удар, KCV, kJ/m ²	Относително свиване, Z, %
270-370	350	34	-	60

Табл.3. Физически характеристики на образците

Температура t, °C	Модул на еластичност E, 10 ⁻⁵ , МПа	Коеф. на терм. линейно разширение α, 10 ⁻⁶ , 1/К	Коеф. на топлопроводност k, W/(m.K)	Плътност ρ, kg/m ³	Спец. топл. капацитет Ср, J(kg.K)
20	2,03	12	-	7871	482

Табл.4. Подготовка на образците

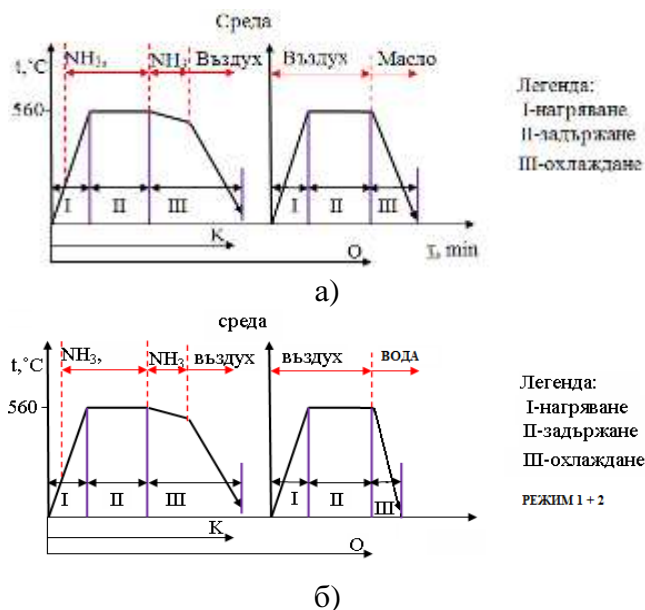
Режим и № проба	t, °C	среда	τ, min	охлаждане	α _N	ε	γ'	Fe ₃ O ₄	Fe ₂ O ₃
3	560	NH ₃ , CO ₂	240	NH ₃	1	4	3	—	—
Повторно нагряване след ГКН									
2	560	въздух	20	вода	—	4	2	2	3
1	560	въздух	20	масло	—	4	4	4	1
4	Издобен 08КП								

Силата на интензитета е от 1 до 5

Образците са предварително подготвени в следните режими: образец 3 е подложен на режим 1, образец 2 през режими 1 и 2, образец 1 през режим 1 и 3.

2.2. Карбонитриране.

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, показани на табл.2 и на фиг.1а и б.



Фиг.1. Режим на обработка на образците

Процесът на карбонитриране се състои от три последователни процеса: реакция, протичащо във външна среда и водеща до образуване на атомен азот; адсорбция; дифузия [1].

Азотирането се провежда най-често в среда от амоняк или смес от амоняк и други газове. При висока температура амонякът дисоциира и отделя реакционноспособен азот. При дисоциация на амоняка в обема на пещта атомарния азот рекомбинира бързо и не участва във формирането на дифузионния слой. При дисоциация на границата метал-настираща среда полученият атомарен азот адсорбира върху обработваемата повърхност и дифундира в решетката на метала. Наличието на ограничени твърди разтвори и фази на вметване с широк интервал на хомогенност обуславят и различни фазови превръщания в системата Fe-N.

При карбонитриране на нисковъглеродни стомани се формират две основни зони; карбонитридна и дифузионна. В зависимост от азотния потенциал е възможно получаването и на междинен слой, формиран от γ I нитрид и се приема като свързана зона. В зависимост от технологията на охлаждане или след повторно нагряване γ I нитрида се отделя и в карбонитридна и дифузионна зона. След повторно нагряване и охлаждане в различни среди се наблюдава обедняване и разширяване на карбонитридна зона, което спомага за повишаване на еластичните и

свойства. Дифузионната зона, която лежи под нея и се характеризира с непроменена структура, с повишена граница на провлачане вследствие на финодисперсните нитридни отделения и на наличието на напрежения от втори и трети род. Общата дебелина на азотирания слой е равна на сумата от дебелините на карбонитридна и дифузионна зона.

2.3. Умора на материала.

Наличието на натискови напрежения в почти целия азотиран слой повишава издръжливостта на детайлите на циклични натоварвания. Абсолютната стойност на границата на умора зависи не само от материала, режима на обработка, но и от схемата на провеждане на експеримента. Редица автори поддържат мнението, че границата на умора зависи преди всичко от дебелината на дифузионния слой и степента на неговото уякчаване (т.е. степента на пресищането му с азот).

Въз основа на експериментални изследвания е доказано, че продължително действащите променливи напрежения не изменят механичните свойства и структура на материала. Установено е, че когато тези напрежения са по-големи от границата на умора на даден материал, след известен брой цикли в него се образуват микропукнатини. Тези микропукнатини се зареждат в повърхнините, където има дракотини, ръзък преход от едно сечение в друго, случайни пукнатини и др. Понякога те започват от вътрешността, където са се образували шупли. Шуплите се напукват, увеличават се постепенно, докато стигнат до повърхността или докато отслабят сечението до такава степен, че детайлът се разрушава внезапно.

3. Експериментална част.

Работата започва със свързване на апаратурата, поставя се изследвания обект и след това се монтира вихротоковия датчик на точното разстояние.

Със металното чукче и микрофон се изследва поставения образец. Намира се неговата приблизителна резонансна честота и същата се подава на вибромасата от осцилоскопа, като същата се наглася фино спрямо софтуера за управление.

От усилвателя се избира подаваното напрежение към вибромасата което контролира нейното преместване във вертикално направление чрез което можем да регулираме времетраенето на процеса. Максималната стойност е 30 деления, но при избраната от нас честота 102.7 уреда се претоварва над 13-тото деление, по тази причина за максимален работен режим на усилвателя се приема тази стойност. При тази честота без поставен образец чрез вихротоковия датчик измерихме вертикалното преместване на вибромасата при 13 деления на усилвателя: 300 μ m.



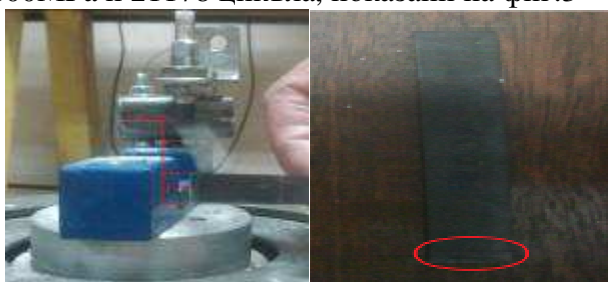
Фиг.2. Измерване вертикалното преместване на вибромасата

3.1. Изследване на пробните образци.

✓ Поставяне на образец 1

При максимален режим на усилвателя от 13 деления образец 1 се пуква на 145 секунда. Резонансната честота намалява до 95 херца което доказва, че в образца са настъпили структурни промени, заражда се пукнатина която ще доведе до разрушаване в зоната на захващане. Експеримента продължава от 80Hz – 11s и на 75Hz – 6s при което образца се разрушава.

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 745MPa до 800MPa и 21178 цикъла, показани на фиг.3



Фиг.3. Резултати на образец 1

Образувалата се пукнатина е показана на фиг.4, която е довела до разрушаване на образец 1.

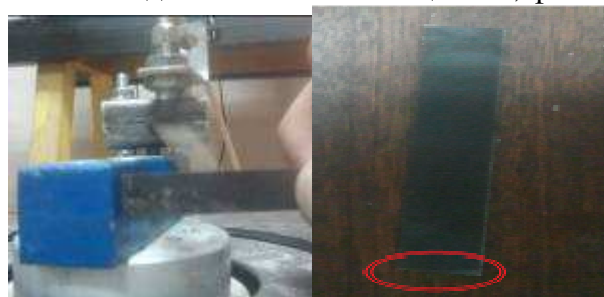


Фиг.4. Пукнатина в образец 1

✓ Поставяне на образец 2.

При максимален режим на усилвателя образец 2 се пуква на 149s. Резонансната честота намалява до 95Hz което доказва, че в образца са настъпили структурни промени, заражда се пукнатина която ще доведе до разрушаване в зоната на захващане. Експеримента продължава като се следят данните от осцилоскопа намира се най-голямото преместване което е и сигнал за постигнат резонанс до разрушаване на образца в зоната на захващане.

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 800MPa и 17199 цикъла, фиг.5.



Фиг.5. Резултати на образец 2

Образувалата се пукнатина е показана на фиг.6, която е довела до разрушаване на образец 2.



Фиг.6. Пукнатина в образец 2

✓ Поставяне на образец 3

При режим на усилвателя от 12 деления образец 3 се пуква на 187s. Резонансната честота намалява до 95Hz което доказва, че в образца са настъпили

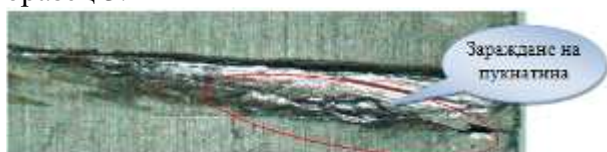
структурни промени, заражда се пукнатина която ще доведе до разрушаване в зоната на захващане. Експеримента продължава като се следят данните от осцилоскопа намира се най-голямото преместване което е и сигнал за постигнат резонанс до разрушаване на образеца.

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 765MPa до 800MPa и 16222 цикъла, фиг.7.



Фиг.7. Резултати на образец 3

Образуващата се пукнатина е показана на фиг.8, която е довела до разрушаване на образец 3.



Фиг.8. Пукнатина в образец 3

За по добро онагледяване на резултатите от експеримента, изследваните пробни образци са представени в табл.5.

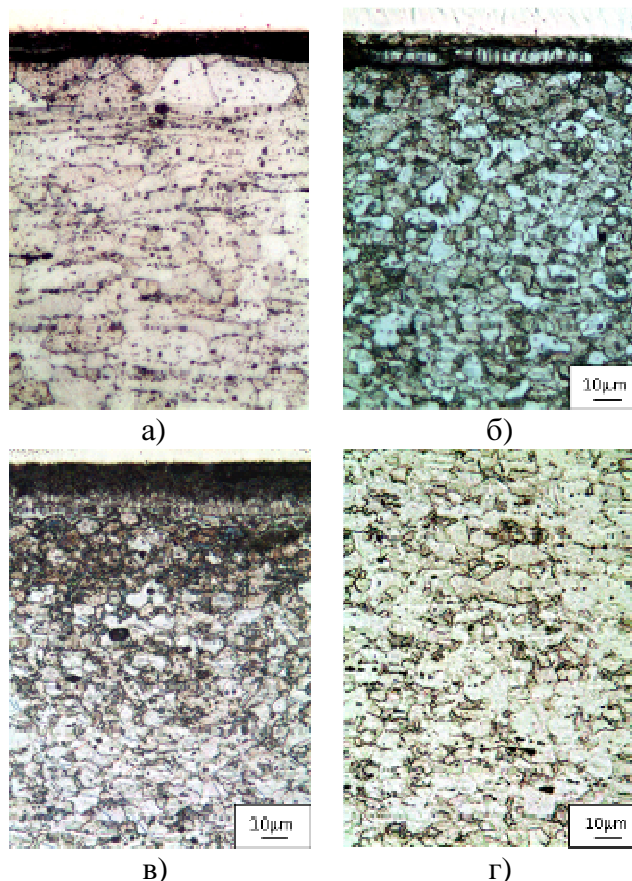
Табл.5. Резултати от експеримента при различни режими на обработка

Образец №	Режими	Цикли до разрушение	Амплитудно напрежение σ_a , МПа	Заб.
1	NH ₃ +масло	21 178	800	пукнат
2	NH ₃ +вода	17 199	800	пукнат
3	NH ₃	16 222	800	пукнат
4	Изходна 08к1	1,00E+06	270	оцелял

3.2. Микроструктурно изследване на пробните образци.

Изготвени са шлифове на пробните образци описани в табл.4, по показаните режимни параметри за микроструктурно изследване.

Резултатите от микроструктурата на слоевете получени след ГКН са показани на фиг.9.



Фиг.9. Микроструктура на образците:

- а) Микроструктура на образец преминали през режим 3 и 1 при увеличение x500;
- б) Микроструктурата на образец преминал през режим 3 при увеличение x500;
- в) Микроструктура на образци преминали през режим 3 и 2 при увеличение x500;
- г) Микроструктура на изходния материал при увеличение x500

3.3. Ренгено-фазов анализ на пробните образци при различни режими на обработка.

На фиг.10 са показани ренгенограми на трите режима на обработка описани в табл.4. Сравнявайки структурите на пробите след ГКН и допълнително повторно нагряване при различни режими на охлаждане са забелязани следните особености:

-при повторно нагряване се отчита нарастване дебелината на изградения карбонитриден слой.

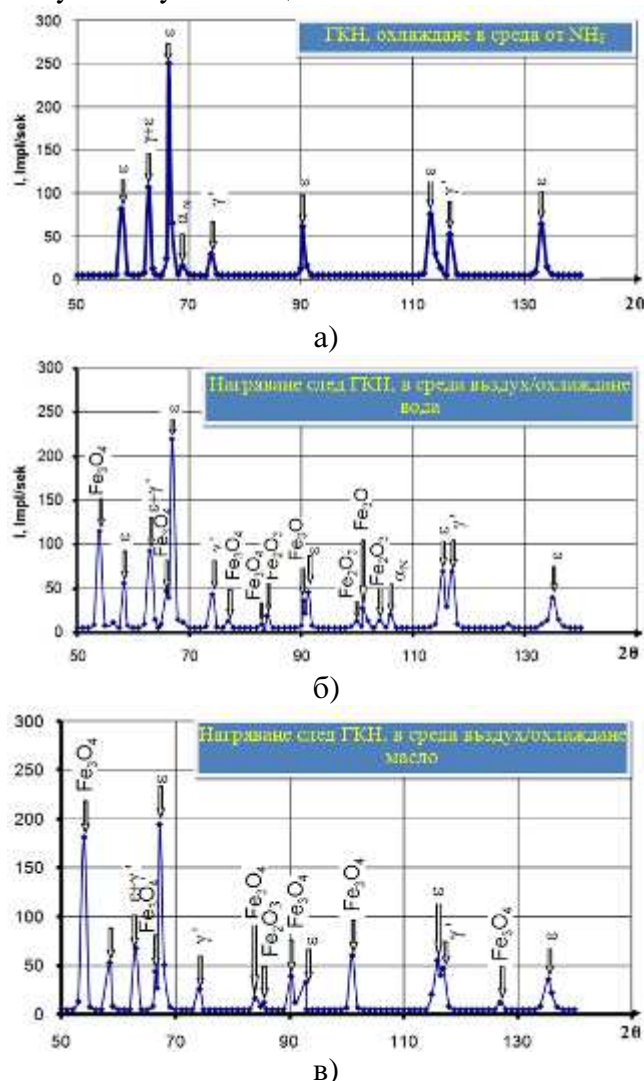
-от проведения рентгеноструктурен анализ се наблюдава обедняване на ϵ -фазата на азот (изместване пиковите на изследваната фаза към по големите ъгли).

-повторното нагряване в окислителна среда формира на повърхността на пробите окиси от типа Fe₃O₄ и Fe₂O₃, които водят до защита от корозия.

-обедняването на ε -карбонитрида след повторно нагряване довежда до повишаване жилавостта на пробата и нарастване на уморните характеристики.

-скоростното охлаждане повишава якостните характеристики в дифузионната зона, дължащо се на стареенето протичащо в преситения азотист ферит.

-достигането на висока жилавост на детайл от нисковъглеродна стомана след ХТО е възможно само при дебелина при която материала да е съизмерим с дебелината на получения уякчаващ слой.



Фиг.10. Ренгено-фазов анализ на образците подложени на различни режими

а) при режим 1; б) при режим 1+2; в) при режим 1+3

4. Заключение

1. Получените ломове са изцяло уморни което доказва, че образците са се разрушили в следствие умора на материала.

2. Тъй като дебелината на слоевете е съизмерима с дебелината на пробата то получените резултати са интегрални.

3. С увеличаване или намаляване на напрежението подавано от усилвателя към вибромасата можем да регулираме продължителността на процеса.

4. Колкото по-голямо е преместването на вибромасата толкова по-големи са напреженията в пластинките.

5. Изпитването чрез звукова система, правилното подбиране на вибромаса и използване на изработената методика намаляват времето необходимо за изпитване на умора.

5. Литература

- [1] Атанасова Й., Годоров Хр., Рашев Г. „Албум по металознание и термична обработка”
- [2] Лахтин Ю.М., „Азотиране стали” – Машиностроение Ленинград, 1960г.
- [3] Прженосил Б., „Нитроциментация” - Машиностроение Ленинград, 1969г.
- [4] Цанко Недев, Витан Гълъбов, Александър Лилов, Аспарух Андонов „Машинознание”
- [5] Димитров Д., Михайлов В., Костов Б., “Проектиране на сонотрод на ултразвуков стенд за изпитване на умора” Технически университет-Варна.,2013г.
- [6] Димитров Ж., Димитров Д., Русев Р., Стефанов С., Йорданов М., “Определяне модулът на еластичност на нискотемпературно азотирани тънки пластини от аустенитна стомана 316L”.
- [7] Zlateva P., Yordanov K, Dimitrov D., Numerical simulation of temperature separation phenomena inside vortex tube, ACTA TECHNICA CORVINIENSIS, University Politehnica Timisoara, ISSN 2067-3809, Fascicule 4, Tome VII, 2014, pp. 23-26.
- [8] Стоянова А., Цонева З., Мечкарова Т., Изследване процесите на повърхностно якостно уякчаване на стомана 45 чрез използване на концентрирани източници на топлина, “Транспорт, екология – устойчиво развитие”, XX НТК с международно участие, ЕКОВАРНА 2014, 15-17 май 2014г., ISBN 954-20-00030.
- [9] Стоянова А., Цонева З., Мечкарова Т., Експериментално-статистическо изследване на оптималните режими за работа под вода и на сухо при повърхностна плазмена термообработка, “Транспорт, екология – устойчиво развитие”, XX НТК с международно участие, ЕКОВАРНА 2014, 15-17 май 2014г., ISBN 954-20-00030.

За контакти:

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