

ВЛИЯНИЕ НА ГЕОМЕТРИЧНИЯ КОНЦЕНТРАТОР НА НАПРЕЖЕНИЯ ВЪРХУ УМОРНАТА ЯКОСТ НА ПОВЪРХНОСТНО УЯКЧЕНА СТОМАНА 40X

Т. Авджиева

avdjieva@vtu.bg, tavdjieva@yahoo.com

ВТУ “Тодор Каблешков”

1574 София, Гео Милев 158, БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: граница на умора, индукционно закаляване, азотиране

Резюме: Настоящата разработка е част от серия изследвания и нейната цел е да се анализират резултатите от уморни изпитвания на пробни тела от стомана 40X, които са с неравномерно разпределение на твърдостта по сечението, получена след различна повърхностна термична и химико-термична обработка. Тези резултати ще се използват за намиране параметрите на функцията на разпределение на границата на умора на реални детайли, работещи при променливи натоварвания.

ВЪВЕДЕНИЕ

Често определянето на границата на умора на реални възли и детайли е много трудно, дори е невъзможно, свързано е с много сложни изпитвателни установки и големи разходи на енергия, материали и средства. В такива случаи особено необходими са методите, чрез които по резултатите от изпитването на пробни тела и съответно моделиране да могат да се оценяват параметрите на функцията на разпределение на границата на умора на реални детайли.

Ето защо, за да се извърши количествено описание на статистическите закономерности на съпротивлението срещу умора на реални детайли, като се отчита влиянието на формата на напречното сечение, вида на натоварването и на концентрацията на напрежението, се налага провеждането на редица експерименти за определяне границата на умора на гладки пробни тела и на такива с концентратор на напрежението (надрез на повърхността). Впоследствие, на основата на критерия за подобие на уморното разрушаване, който се изразява в еднаквост на отношението d/G (L/G) на пробно тяло и на реален детайл, които са с различни размери и радиуси на закръгление в опасното сечение, чрез статистически методи се намира разпределението на

границата на умора в критичното сечение на реалния детайл (d - диаметър на пробното тяло в опасното сечение, L - дължина на опасното сечение на реалния детайл, G - относителен градиент на първото главно напрежение в зоната на концентрацията на напреженията на повърхността на пробното тяло).

В предишна разработка [1] и в литературни източници [2, 3, 4 и др.] е установено, че различните методи на азотиране и индукционното закаляване увеличават в значителна степен границата на умора. Ето защо, на изследване е подложено поведението на повърхностно уякчени пробни тела от стомана 40X, която намира широко приложение за изработване на детайли, работещи под действието на променливи натоварвания.

ИЗПОЛЗВАНИ МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИКИ

Изследвано е уморното поведение на цилиндрични пробни тела от стомана 40X, чиито химичен състав е посочен в таблица 1. Използвани са стандартни цилиндрични гладки и цилиндрични плоски с надрез (концентратор на напрежение) пробни тела (фиг.1) [5, 6].

Таблица 1

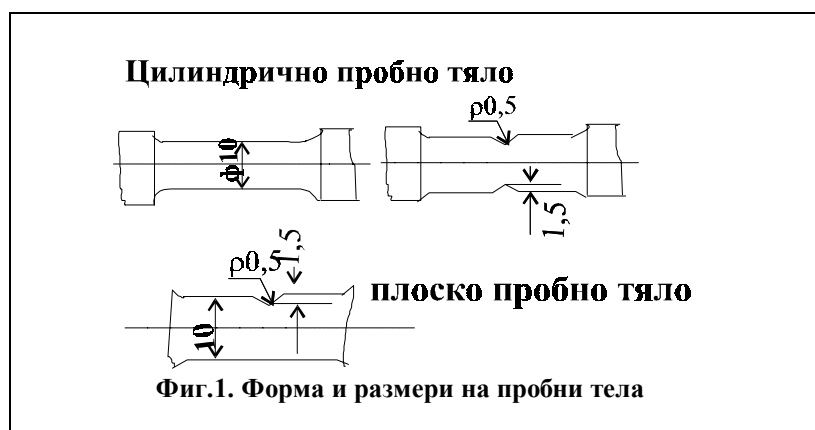
Стомана марка	C, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	Si, %	Mo, %	P, %
40X	0,44	0,89	0,11	0,72	0,29	0,18	0,021

Всички пробни тела след механичната им обработка бяха закалени от 850 °C във вода, след това бяха отвърнати при 650 °C (60 минути) и охладени с пещта. Механичните характеристики на стоманата след тази обработка (подобряване) са посочени в таблица 2.

Таблица 2

Стомана марка	$R_{0,2}$, N/mm ²	R_m , N/mm ²	A, %	Z, %
40X	873	965	19	55

След механичното шлифоване на работната им част пробните тела бяха подложени на различни уякчаващи обработки: повърхностно закаляване с индукционно нагряване (60 Hz), йонно азотиране при 550 °C в среда от $H_2 : N_2 = 1 : 2$ (5 ч.), карбонитриране в среда от KCN и $KCNO$ при 570 °C (5 ч.).

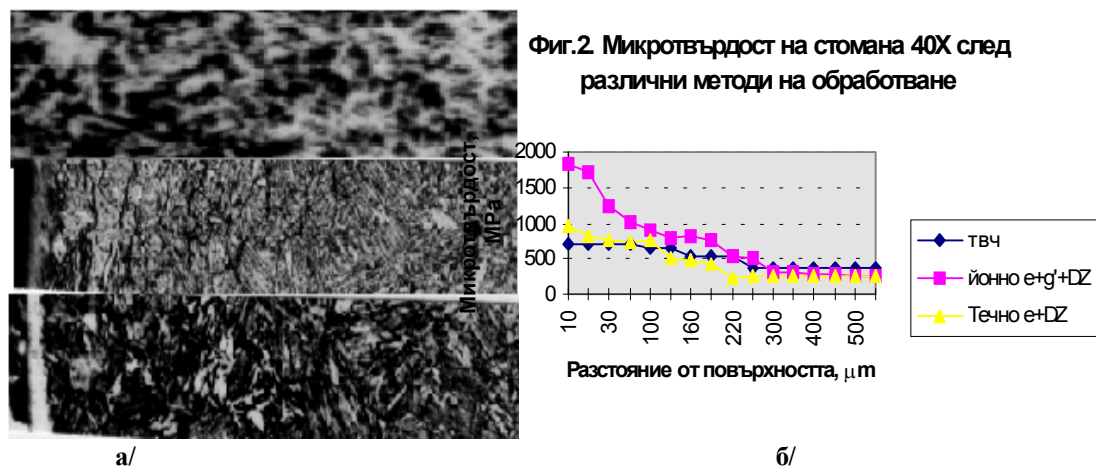


Микроструктурата на стоманата бе изследвана на оптичен металографски микроскоп "Opton", а микротвърдостта на пробните тела бе измервана на микротвърдомер "ПМТ – 3". Цилиндричните пробни тела бяха подложени на циклично деформиране на машина UBM при схема на натоварване "ротационно огъване", а плоските - на универсална машина за изпитване на опън тип EU при пулсиращ цикъл "опън-натиск". По време на деформиране амплитудата на натоварване бе поддържана постоянна.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

МИКРОСТРУКТУРА

Микроструктурата след различните обработки е показана на фиг.2,а. След повърхностно индукционно закаляване структурата на повърхността е скрито иглест мартензит, в дълбочина - сорбито-трооститна и в сърцевината на пробата - ферито-карбидна смес.



Фиг. 2. Микроструктура и микротвърдост на стомана 40X след индукционно закаляване, йонно азотиране и карбонитриране

Дебелината на закаленият слой е $\approx 0,085$ mm. На повърхността на йонно азотираните слоеве се установява наличието на отделени γ' -нитриди (дебелината на зоната е $15 \mu\text{m}$, непосредствено под нея се фиксира двуфазно състояние $\gamma' + \alpha_N$, а на по-голямо разстояние от повърхността ($25 - 30 \mu\text{m}$) се открива дифузионна зона, която се състои от азотист α_N - разтвор и хромови нитриди. Общата дебелина на уякчения слой е приблизително $0,120$ mm. След карбонитрирането на повърхността се установява наличие на γ' -фаза и непосредствено под нея - дифузионна зона, състояща се от азотист α -твърд разтвор. Дебелината на слоя и дифузионната зона е $\approx 175 - 180 \mu\text{m}$.

МИКРОТВЪРДОСТ

Характерът на разпределението на микротвърдостта в дълбочина на слоя е еднакъв и при трите обработки - плавно стъпаловидно намаление на

микротвърдостта към сърцевината на пробата (фиг. 2). Най-висока повърхностна твърдост има стоманата след йонно азотиране, карбонитриране, а най-ниска - след повърхностно закаляване.

УМОРНО ПОВЕДЕНИЕ

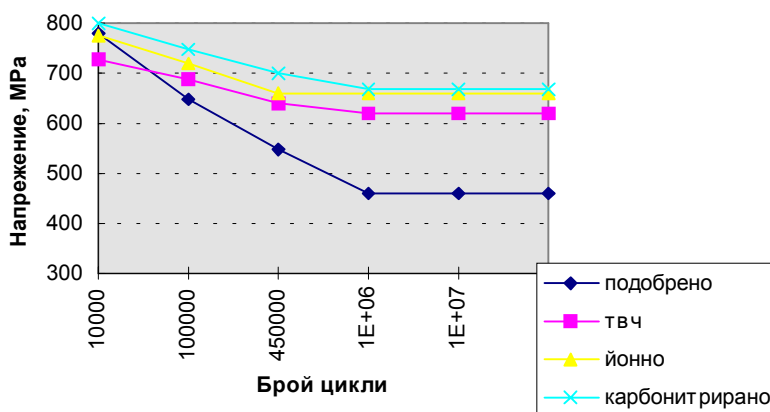
Резултатите от изпитването на умора на цилиндрични гладки пробни тела и пробни тела с един и същ надрез ($\alpha_\sigma = 1,99$ [6, 7]) след различни термични обработки са посочени в таблица 4, а кривите на умора - на фиг. 3.

Таблица 4

Метод на обработване	Граница на умора, МРа, цилиндрични пробни тела		Ефективен коефициент на концентрация на напреженията $K_\sigma = (\sigma_{-1}) / (\sigma_{-1K})$	Експонента на кривата на умора (m) цилиндрични пробни тела	
	На гладки пробни тела (σ_{-1})	На пробни тела с концентратор (σ_{-1K}), $\alpha_\sigma = 1,99$		Гладки пробни тела	Пробни тела с надрез
Подобряване	460	400	1,15	8,7	13,5
Йонно азотиране	660	570	1,16	23	15
ТВЧ	650	370	1,76	39	23
Карбонитриране	780	580	1,34	25	21

И трите обработки повишават в значителна степен границата на умора на

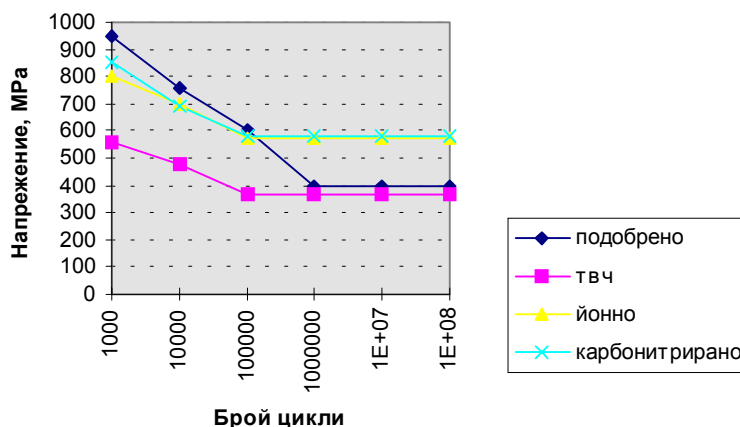
Фиг.3,а. Вьолерови криви на гладки пробни тела



гладките пробни тела. Наличието на концентратор на напрежението на повърхността на пробата довежда до намаляването на границата на умора, като след азотиране (независимо от метода) това намаление е значително -

приблизително 15 %, но най-забележимо е влиянието на надреза при индукционно закалените пробни тела - границата на умора се намалява почти 2 пъти. Това би могло да се обясни с появата на натискови напрежения от втори род, индуцирани от термичната и химико-термичната обработки, които се прибавят към стойността на напреженията, породени от наличието на концентратор на напрежение.

Фиг.3, б. Вюлерови криви на пробни тела с надрез



Експонентата на кривите на умора (m) има различна стойност: $m = 8,7$ при подобрената стомана, $m = 39$ при т.в.ч. закаляване, $m = 23$ при йонно азотираните и $m = 25$ при карбонитрираните пробни тела. Наклонът на кривите на умора се увеличава в резултат на уякчаващите обработки в сравнение с този на подобрените стомани, като това увеличение е най-голямо след индукционното закаляване.

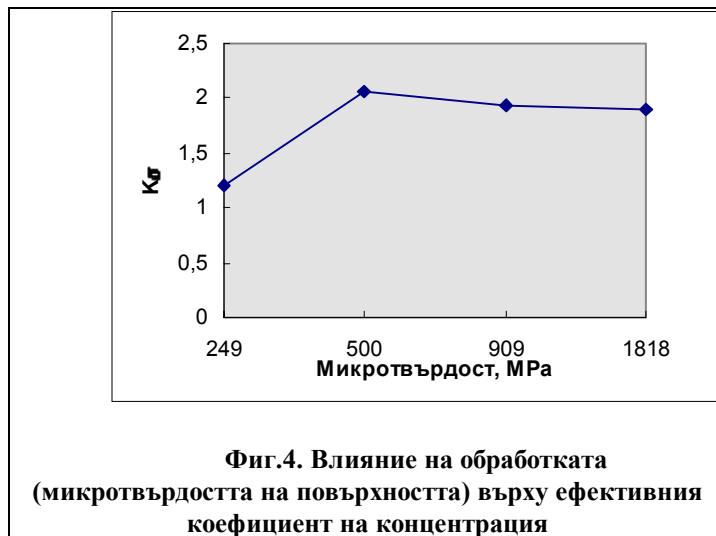
Резултатите от изпитването на плоски пробни тела при циклично натоварване “опън-натиск” могат да се видят в таблица 5.

Таблица 5

Метод на обработване	Граница на умора, МПа
Подобряване	370
Йонно азотиране	460
Т.В.Ч. закаляване	440
Карбонитриране	570

ЕФЕКТИВЕН КОЕФИЦИЕНТ НА КОНЦЕНТРАЦИЯ

Стойността на ефективният коефициент на концентрация ($K\sigma = (\sigma_{-1}) / (\sigma_{-1к})$ [3]) зависи главно от вида на материала, от формата на напречното сечение на пробното тяло, от приложеното натоварване, от състоянието на повърхностния слой и др. От таблица 5 и фиг. 4 се вижда, че с увеличаване на твърдостта на повърхностния слой (след 500 МПа) ефективният коефициент на концентрация има относително затихващ характер (незначително намалява) и би могло да се приеме, че влиянието на геометричния коефициент на концентрация при пробни тела с голяма твърдост ($HV > 500$ МПа) е едно и също.



ИЗВОДИ

Получени са резултати за уморното поведение на гладки и пробни тела с концентратор на напреженията от стомана 40X, след индукционно закаляване, йонно азотиране и карбонитриране.

Изведени са стойности за ефективния коефициент на концентрация на напреженията след различни уякчаващи технологии. Влиянието на геометричния концентратор на напрежение е приблизително еднакво при наличието на повърхностна твърдост по-голяма от 500 МРa.

Установено е, че индукционното закаляване и йонното азотиране увеличават стойността на границата на умора приблизително с 20 %, а карбонитрирането - с 28 %.

Наличието на надрез на повърхността на пробните тела намалява значително влиянието на повърхностното уякчаване върху стойността на границата на умора, което вероятно се дължи на сумиращото действие на остатъчните натискови напрежения в уякчения слой и на напреженията, породени от геометричния концентратор на напреженията.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] АНЧЕВ В., Т. АВДЖИЕВА, Уморно поведение на желязо и стомана 35CrAlMo6 след повърхностно газово азотиране, Техническа мисъл, БАН, № 3, 1985.
- [2] Terassava N., Yoshioka, Proc. Of the 15-th Japan Congress on Material Research, III, 1982, 80 - 85
- [3] BELL I., THOMAS, Metallurgical Transaction, A, 10A, I, 1979, 79 - 84
- [4] JONES B., J. MARTIN, Metals Technology, July, 1978, 217 - 221
- [5] БДС 5297 - 83. Метали. Методи за изпитване на умора
- [6] БДС 7314 - 83. Метали. Якост на умора
- [7] Ръководство по вероятностни методи за оценка на надеждността на машиностроителните изделия при уморно натоварване, ЦНИИТМАШ, С., 1976

INFLUENCE OF THE GEOMETRICAL STRAIN CONCENTRATION OF UPON THE FATIGUE STRENGTH OF THE SURFACE HARDENED STEEL 40X

Tatiana B. Avdjieva

*Higher Transport School "T. Kableshkov"
Sofia, Bulgaria
1754, Geo Milev 158*

Keywords: *fatigue, fatigue life, heat treatment, notched specimen*

Summary: *Present report is a part of series investigations on the fatigue failure of surface hardened steels. The hardness of the surface is uneven, caused by heat treatment – annealing, induction hardening, nitriding carburizing. Its designation is to analyze the results of the manners of the specimens from steel 40X under changeability loads. These results will be used for find out the parameters of the distribution function of the fatigue life of the real details, which work condition is variability.*