

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 която 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 макропукнатини, 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 образеца или появата на макропукнатина 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 изделията се дължи именно на умората[3].

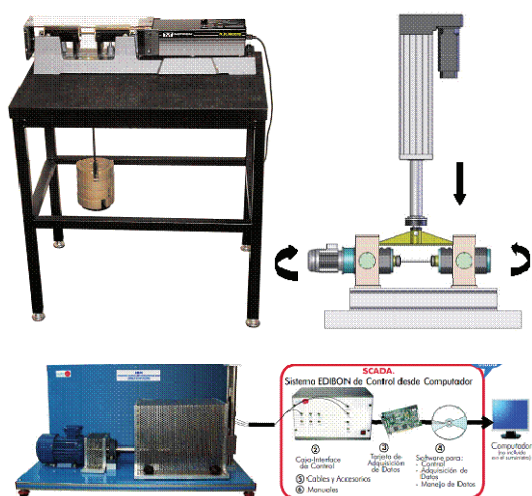
В инженерната практика отдавна е известно, че при знакопроменливи натоварвания, дори с относително малки стойности на натоварващите усилия, се наблюдава неочаквано разрушаване в металните конструкции, докато при статично натоварване те биха могли да носят значително по-голям товар. Примери - въртящи валове; елементи в коляномотовилкови механизми; пружини; самолетни крила; детайли, подложени на вибрации, мостови конструкции и др.

Условия за определяне на знакопроменливо натоварване:

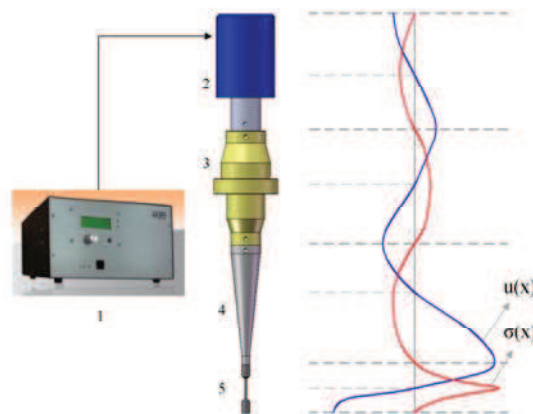
- характеристики на цикъла
- схема на напрегнатото състояние
- честотата на натоварването
- температурата
- свойствата на околната среда

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 образеца, 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 удоблетворена 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