

СТЕНД ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПУКНАТИНОУСТОЙЧИВОСТТА

Татяна АВДЖИЕВА, Константин СТАЕВСКИ

tavdjieva@phys.uni-sofia.bg, staev@phys.uni-sofia.bg

Софийски университет „Свети Климент Охридски“, София, Джеймс Баучер 5
БЪЛГАРИЯ

Резюме: В съвременните метални конструкции непрекъснато се увеличават изискванията за все по-голяма якост при едновременно намаляване на металоемкостта, увеличаване на динамичния характер на натоварване, работа под действие на радиационни и агресивни среди. Не рядко, в процеса на работа, в метала се зараждат пукнатини, които могат да се развият или могат да останат устойчиви. Определянето на величината на пукнатиноустойчивостта на метала в даден момент е и възможност за продължаване на срока на експлоатация на изделието, изработено от този метал. Освен това, след установяване на пукнатиноустойчивостта на метала е възможно последващото оценяване на остатъчния ресурс на отговорни метални съоръжения.

Обект на настоящата статия е описанието на лабораторен уред, наречен „резонансен вибратор“, конструиран и изработен за подпомагане на определянето на пукнатиноустойчивостта на метални материали. Изработването на стенда и извършването на изследванията на пукнатиноустойчивостта на ниско въглеродни стомани са финансирани от средствата, отпуснати целево от държавния бюджет на СУ „Св. Климент Охридски“ за научни изследвания през 2008 г.

Ключови думи: резонансен вибратор, пукнатиноустойчивост, якост на удар, метал, уморна пукнатина, концентратор на напрежение

Въведение

Нерядко в металните детайли възникват пукнатини. Тези дефекти без да нарушават функционалността на конструкцията могат рязко да увеличат вероятността от възникване на крехко разрушаване [1]. От тази гледна точка, пукнатиноустойчивостта на материала има изключително важно значение, когато от него се изработват техногенни съоръжения – отговорни, сложно и тежко натоварени, работещи нерядко в агресивни или радиоактивни среди, където изискванията за безаварийност и безопасност са особено високи. Многобройни изследвания [1, 2, 3 и много други] са показали, че пукнатините са присъщи и неизбежни за всички метални конструкции, което налага непрекъснатото усъвършенстване на методите за изследване и

определяне на пукнатиноустойчивостта на метала.

При изработването на отговорни и скъпи инженерни съоръжения се използват метални материали, към които се предявяват изисквания за висока жилавост. Жилавостта на материала е неговата способност да поглъща механичната енергия в процеса на натоварване при непрекъсната увеличаваща се пластична деформация до момента на настъпване на разрушаване [1]. С други думи, материалът необходим за изработването на отговорни съоръжения трябва да притежава едновременно висока якост и висока пластичност, свойства, които много често са противоречиви. Това налага лабораторното изследване и определяне на жилавостта и пукнатиноустойчивостта на материала.

Изследванията на пукнатиноустойчивостта на материала се провеждат с цел определяне на факторите, от които тя зависи – химичен състав, структура, метод на обработване, околна среда, радиационно въздействие, натоварване, които от своя страна дават възможността за създаване на материали с регламентирана пукнатиноустойчивост. Особено важно е да се познава поведението на металната структура в локалната зона на еластично-пластичната деформация пред фронта на пукнатината, кои от структурните елементи са определящи за съпротивлението срещу разрушаване, каква е еволюцията и морфологията на тези структурни елементи в процеса на натоварването [2].

За определянето на пукнатиноустойчивостта на металните материали най-често се оценяват следните характеристики: работата, изразходвана за развитие на пукнатината при три точково огъване по метода на Шарпи, критичният коефициент на интензивност на напреженията (K_{IC}), критичното разтваряне на пукнатината (δ_c), границата на пукнатиноустойчивост (I_c), видът на металния лом (%B).

През 1909 г. на Международния конгрес по изпитване на материалите (Копенхаген) е била въведена в инженерната практика методика за определянето на ударната жилавост на материала с използването на махален чук, създаден от френския учен Шарпи. През годините това изследване непрекъснато се усъвършенства и развива както методично, така и при разработването

на стендове и апарати. Основата на методиката обаче, остава непроменена във времето – триточково огъване на пробни тела, като по време на изпитването се определя работата за разрушаването им.

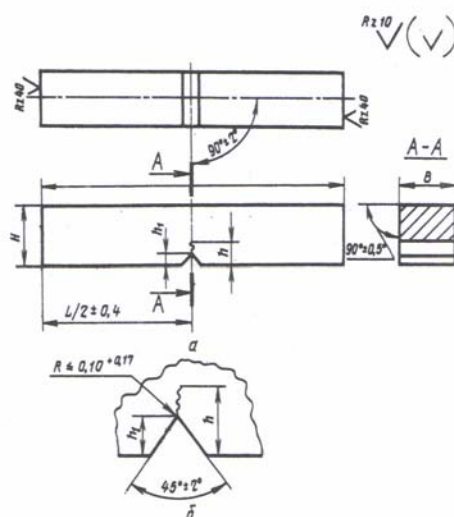
Пробните тела за изпитване на якост на удар са стандартизирани по БДС 34-72. За определянето на пукнатиноустойчивостта на материала в България обаче, няма стандарт, тъй като това изпитване до сега не се провежда у нас.

Методика за определяне на пукнатиноустойчивостта на метала

Един от начините за определяне на пукнатиноустойчивостта на материала е по метода на Шарпи, като се използват пробни тела от различни метални материали с форма и размери, предложени от Б. А. Дроздовский [3] (фиг.1). В пробните тела се въвежда с помощта на резонансен вибратор уморна пукнатина с определена дължина. В този случай може да се приеме, че работата за зараждане на пукнатина е равна на $A_z = 0$ и тогава работата, която се определя при изпитването на удар, е работата, необходима за развитието на пукнатината, т.е. проследява се пукнатиноустойчивостта на материала:

$$A = A_p$$

За изследването на стомани за корпуси на ядрени реактори и тръбопроводи в ядрени реактори се използват пробни тела с различни размери, които да могат да се използват и като образци – свидетели (таблица 1).



Фиг. 1. Пробно тяло с V-образен концентратор на напрежение и създадена уморна пукнатина: а/ общ вид, б/ форма на концентратора заедно с пукнатината [3]

Таблица 1. Размери на пробни тела за стомани за елементи от ядрени реактори [1]

Пробно тяло	Напречно сечение, mm ²	Дължина, mm	Дълбочина на надреза, mm	Ъгъл на надреза, mm	Радиус на закръгление на надреза, mm
Тип 1	5 x 5	25,4	0,8	30°	0,1
Тип 2	3,3 x 3,3	25,4	0,5	30°	0,08
Тип 3	5 x 5	27,5	1,0	45°	0,25
Тип 4	3 x 4	26,0	1,0	60°	0,1
Тип 5	5 x 5	55	1,0	45°	0,25

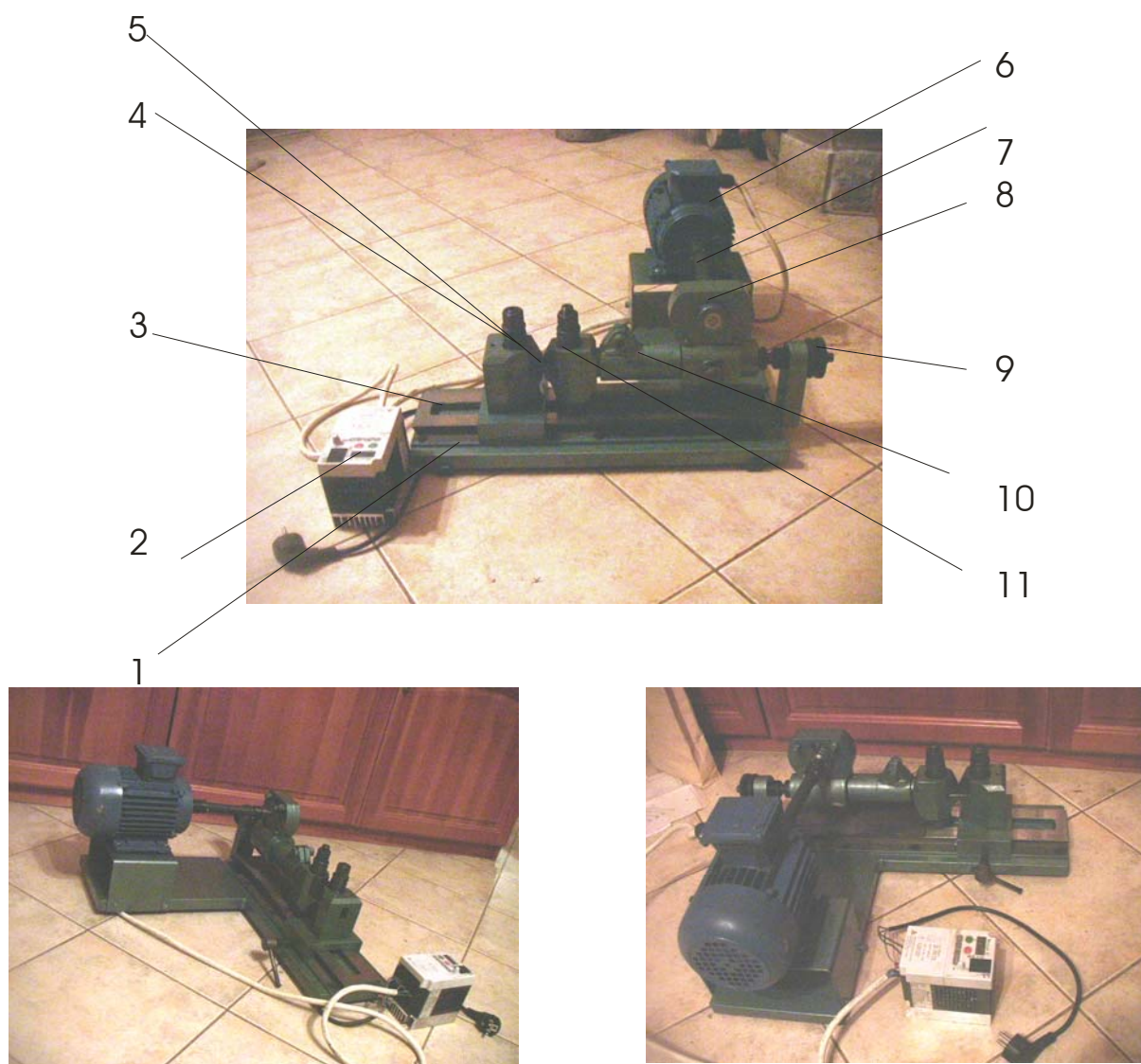
Резонансен вибратор

С цел създаване на уморна пукнатина във върха на надреза (концентратора на напрежение) в пробното тяло бе разработен и реализиран стенд, наречен резонансен вибратор, по договор за научни изследвания, който е финансиран от средствата, отпуснати целево от държавния бюджет на СУ “Св. Климент Охридски” за научни изследвания през 2008 г.

Принципна схема

На фиг.2 са показани снимки на изработения стенд. Към масивна стоманена плоча (1), служеща за основа, са закрепени чугунени направляващи (3), по които се придвижва челюстта (4). Тази челюст условно се нарича неподвижна, тъй като след установяването и на място се закрепва неподвижно към направляващите. Между

челюстта (4) и подвижната челюст (11) се установява пробното тяло, разположен с концентратора на напрежение нагоре. Приборът е конструиран така, че да могат да се изпитват пробни тела с различна дължина – от 25 до 200 милиметра. Пробното тяло се фиксира чрез установяваща планка така, че да няма ексцентрицитет. От двигателя (6) въртеливото движение се предава чрез гъвкав маркуч (7) на цилиндрично тяло (8), което е разпробито и има 12 отвора, в които се поставят различен брой тежести така, че да се осигури дебалансиране на подвижната челюст. Чрез промяна на броя и мястото на тежестите се осъществява изменение на амплитудата на трептене на системата. Посредством честотен регулатор (2) се променя честотата на трептене на подвижната челюст.



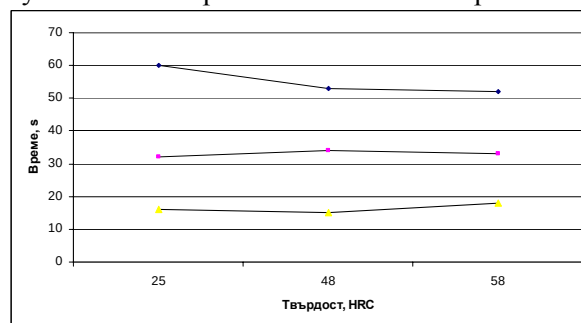
Фиг. 2. Резонансен вибратор: 1/ Честотен модулатор Moeller DF51-320. 0 до 125 Hz. 150 Hz = 3000 об., 2/ чугунена направляваща, 3/ неподвижна челюст, 4/ двигател модел Miksan тип Type 71 6B, 50 Hz, 0,25kW, 5/ дебалансно устройство, 6/ буфер, 7/ вибриращо устройство, подвижна челюст.

При въртливо движение с обороти на въртене 3000 и над 3000 оборота/минута пробното тяло се натоварва на циклично огъване. В зависимост от вида на материала и неговите механични свойства след определен период от време на върха на концентратора на напрежение се появява уморна пукнатина. Натоварването продължава до дължина на пукнатината приблизително 1,5 милиметра. В зависимост от твърдостта на материала времето за получаването на уморната пукнатина е различно.

Експеримент

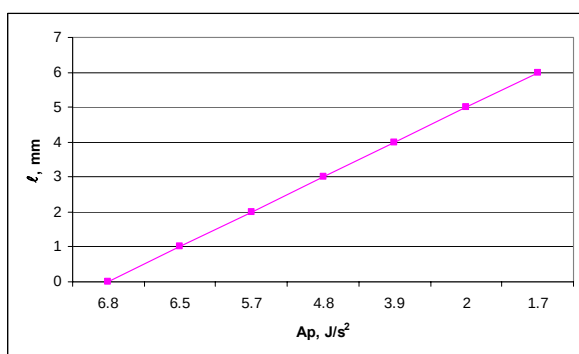
Поради кратките срокове на проекта са направени само тестове, с които да се установи работоспособността на уреда.

Бе направен експеримент с пробни тела от стомана 45 с различна твърдост (фиг.3). С нарастване на твърдостта на материала пукнатината се развива за по-малко време.



Фиг.3. Продължителност на натоварване на пробни тела от стомана 45 до развитие на пукнатина с дължина 1,5 mm

С пробни тела от стомана 17ГС с различна дължина на пукнатината (ℓ) в тях бяха проведени тестове за проверка на пукнатиноустойчивостта на материали. След получаване на пукнатина с различна дължина на върха на надреза, пробните тела бяха разрушавани на чук на Шарпи. С нарастване на дължината на пукнатината работата за развитие на уморната пукнатина (A_p) намалява. Тъй като в пробните тела има зародена пукнатина с различна дължина, работата необходима за развитието на пукнатината A_p е аналогична с пукнатиноустойчивостта на материала. Колкото е по-голям размерът на зародената уморна пукнатина, толкова е по-малка енергията на работата за разрушаване на пробното тяло [фиг. 4].



Фиг. 4. Работа за развитие на пукнатината при различна дължина на зародената пукнатина в пробното тяло от стомана 17ГС при 20 °C

Заклучение

Изработен е стенд за създаване на уморна пукнатина чрез прилагане на циклично огъване върху пробно тяло за изпитване на якост на удар по метода на Шарпи. На стенда могат да се закрепват пробни тела с различна дължина и дебелина. Възможността за промяна на честотата и амплитудата на натоварване позволяват създаването на пукнатини в материали с различна пластичност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Георгиев Мл., Пукнатиноустойчивост на металите при ударно натоварване, Булвест2000, София, 2007,
- [2] Георгиев Мл., Пукнатиноустойчивост на металите при статично натоварване, Булвест2000, София, 2005,
- [3] Дроздовский Б., Влияние трещин на сопротивление разрушению и вязкость конструкционной стали, Автореферат, Москва, Министерство на авиационной промышленности, 1958,
- [4] Черепанов Г., Вестник „Правда“, Москва, 3.9.2003.

RESONANCE OSCILATOR

Tatyana AVDJIEVA, Konstantin STAEVSKI

Sofia University "St. Kliment ohridski", 5, James Baucher str.

BULGARIA

Abstract: The requests for satisfy strength and for decreasing construction weight, the growing of the dynamic load character, the work in radiation and aggressive surrounding require using the metal materials with high strength and high plasticity at the same time. Not rarely, the cracks initiate in the metal at the time of exploitation, which can run or can stay steady. To define the metal crack resistance is an important factor for next evaluation of the remained resource of the important metal equipment.

The object of this report is the description of the laboratory apparatus, which name is resonance oscillator, designed and manufactured for helping of the crack resistance determining. The producing of the resonance oscillator and testing with it, is financed with money, granted purposive from the state budget to Sofia University for scientific researches in 2008.

Key words: resonance oscillator, crack resistance, impact strength, metal, fatigue crack, strain concentrator