



Fractographic Research on Samples after Fatigue Testing in the Destruction Zone

Georgi GEORGIEV, Yaroslav ARGIROV, Tatyana MECHKAROVA,
Aneliya STOYANOVA

Technical University of Varna, Varna, Bulgaria
e-mail: gogo28@abv.bg; jaroslav.1955@abv.bg; tatqna13@abv.bg;

Abstract

The article treats fractographic studies of the mechanism of formation and development of fatigue fractures of ferritic-austenitic steel. The article discusses a fractographic method for observing the crack in depth with which to clearly determine the type, direction and size of fatigue crack at different depths. Upon reaching the selected crack length and depth, the sample is measured with an indicator clock in the crack area. Using a grinding machine, a layer is taken from the front surface and measured again with the indicator clock. It is then imaged with a microscope with a digital camera, repeating the procedure for each layer taken. Shooting allows you to build the exact front of the crack and its profile in 3D space.

Keywords: fractographic, fatigue crack, 3D profile

Фрактографски изследвания на проби след уморни изпитания в зоната на разрушаване

Георги ГЕОРГИЕВ, Ярослав АРГИРОВ, Татяна МЕЧКАРОВА

1. Увод

Фрактографските (лат. Fractis – фрактура) методи позволяват изследване появата и развитието на лом на различните материали и структурата на фрактурните повърхности. Фрактографията се използва широко за определяне на причините за разрушаване на материали, конструкции и изследване разпространението на пукнатини, изследвания на микроструктурата и контрол на качеството.

Фрактографските изследвания включват изследване на лома с невъоръжено око или с помощта на оптичен и електронен микроскоп. Често се използват и други методи, като измерване на твърдост или изучаване на разпределението на химичните елементи с помощта на рентгенов спектрален микроанализ.

Фрактографските изследвания на получените ломове след разрушаване ни дават представа за развитие фронта на пукнатините при образци, разрушени при различни режими и условия на работа [1, 5].

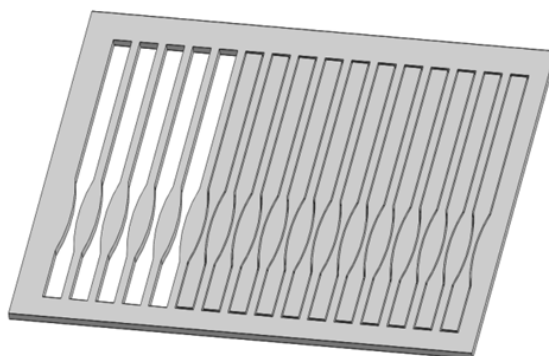
2. Методика на експеримента

За целите на това изследване са изработени експериментални образци от дуплексна стомана SAF2507 (ASTM S32750) със следния химичен състав, които са подложени на многоциклова умора при различни режими (табл.1):

Таблица 1. Химичен състав на SAF2507 :

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo
≤0.030	≤0.8	≤1.2	≤0.025	≤0.015	25	7	4

На фиг. 1 са показани образците, изрязани с лазер.



Фигура 1 Образци за уморни изпитания от стомана SAF2507 с размери 350mm на 200mm и дебелина 3mm изрязани на лазер

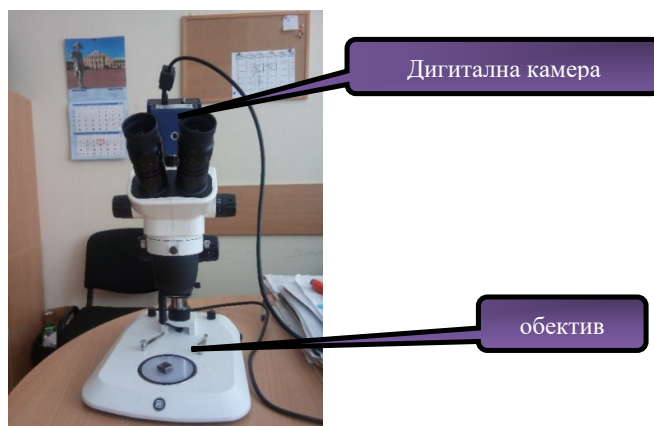
Образците се закрепват здраво в специално приспособление изработено за конкретната вибромаса (фиг.2). Използват се акселометри за измерване на ускорението. Установката работи с честотата в диапазона от 50 до 80 Hz. Амплитудата на натоварването се определя в зависимост от избраната стъпка от експерименталният план.



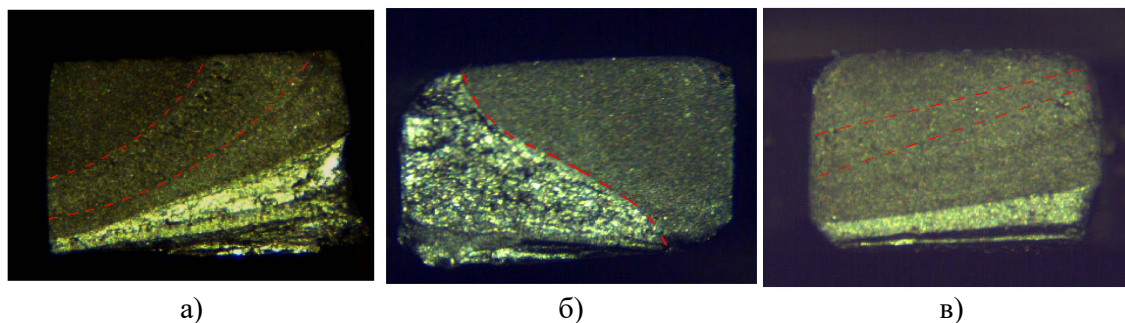
Фигура 2 Експериментална установка на вибромаса за изпитанията на умора.

Развитието на пукнатината може да бъде проследено в равнината чрез наблюдение с оптичен микроскоп оборудван с дигитална камера (фиг.3). Фронтът на пукнатината в този случай е предполагаема линия, като формата ѝ може да бъде разнообразна в различните етапи на развитие. На фиг. 4а) е показан дългообразен профил, на фиг. 4б) е показан S-образен профил, на фиг. 4в) е показан профил, който е почти права линия.

За по-добро онагледяване на получените резултати при отнемането на слой, повърхнината може да бъде шлифована, като последователно се използват шкурки с размер от P100 до P2000.



Фигура 3. Микроскоп с дигитална камера.



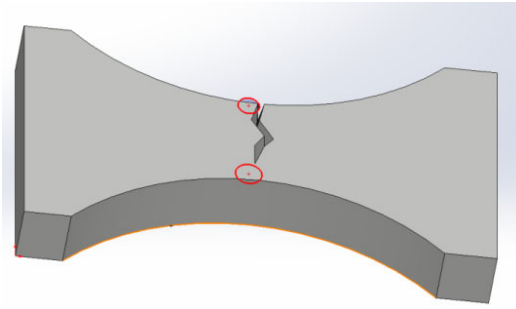
Фигура 4. Профили на фронта на развитие на пукнатини:
а) дъгообразен профил; б) S – образен профил; в) профил, който е почти права линия.

3. Теоретична постановка на фрактографска методика за проследяване развитието на пукнатина в дълбочина

Методиката, която се използва за проследяване на пукнатината в дълбочина, е фрактографска методика, с помощта на която може ясно да се определи вида, посоката и размера на уморната пукнатина при различна дълбочина. При достигане на избраната дължина и дълбочина на пукнатината, образецът се измерва за равнинност в зоната на пукнатината. Използва се индикаторен часовник, закрепен към магнитната стойка, позволяващ изключително точно измерване на отклоненията в повърхностите (фиг. 5а). Измерват се минимум две точки с точност до третия символ. На фиг. 5б) схематично са показани местата на измерване.



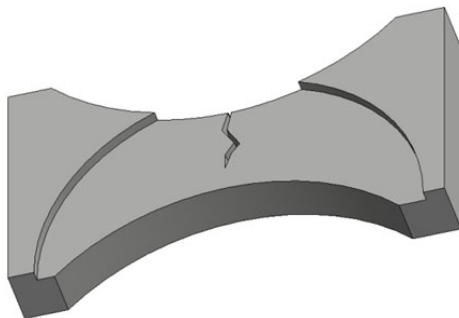
а)



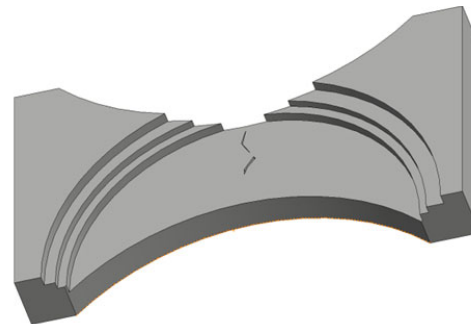
б)

Фигура 5. Измерване на повърхностите:
а) индикаторен часовник; б) схематично са показани местата на измерване.

След първоначалното замерване с помощта на шмиргел се отнема слой от челната повърхнина. Отнетият слой се замерва по начина, показан на фиг. 5, и се заснема с микроскоп с дигитална камера (фиг. 3), като процедурата се повтаря за всеки отнет слой. Заснемането позволява изграждане на точния фронт на пукнатината и нейният профил в 3D пространството. На фиг. 6 са показани схематично етапите на процеса – на фиг. 6а) е отнет един слой, на фиг. 6б) са отнети три слоя.



а)

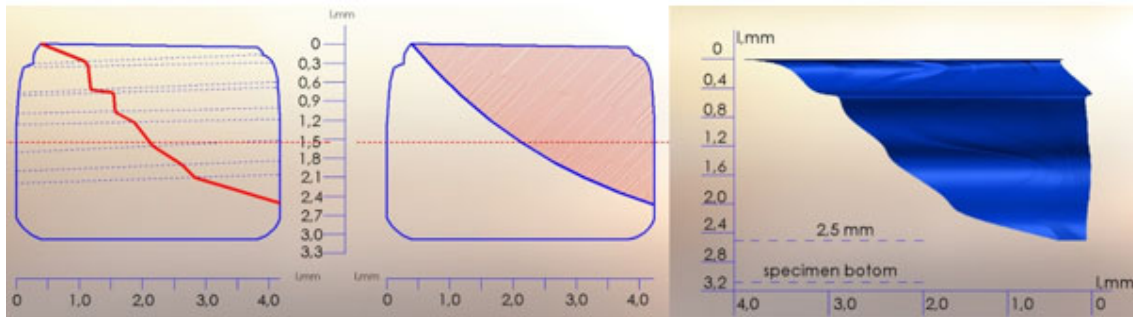


б)

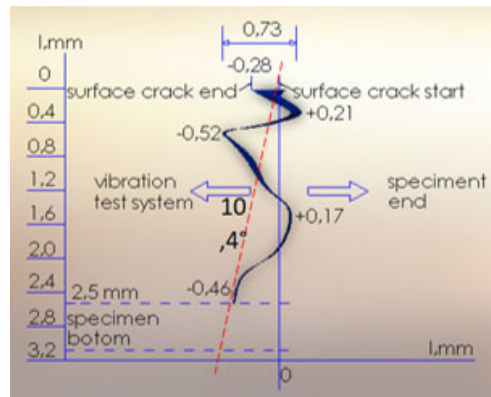
Фигура 6. Етапи на методиката:
а) отнет един слой; б) отнети три слоя.

След извършване на послойния анализ, резултатите от замерванията с индикаторния часовник са обработени с компютърна програма и са представени в графичен вид, показан на фиг. 7. и фиг. 8, съответно за профил на развитие на пукнатината в напречно и надлъжно направление. Така се построява 3D профила на развитие на уморната пукнатина, с помощта на който лесно визуално тя може да се проследи.

Методиката е разработена като част от дисертационен труд за фрактографско изследване на развитието в дълбочина на уморни пукнатини на образци от дуплексни стомани SAF2507.



Фигура 7. Развитие на пукнатина в напречно сечение



Фигура 8. Развитие на пукнатина в странично сечение

4. Заключение

След проведените експерименти е локализирано местоположението и е установен моментът на зараждане на фокус уморната пукнатина на експерименталните образци подложени на многоциклова умора.

Установена е зоната на уякчаване в оброста на пукнатината и е създаден 3D модел.

Определен е фронтът на развитие на пукнатината при проведените фрактографски изследвания и е направен 3D профил на развитието ѝ в дълбочина.

Литература

1. Исследовательский центр Авеста, „Дуплексная нержавеющая сталь“, 2010.
2. Кушнер В.С., А.С. Верещака, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Негров, О.Ю. Бургонова, В.С. Кушнера, „Материаловедение: учеб. для студентов вузов“, Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008, 232 с.
3. Лолов Н., „Дуплекс неръждащи стомани – свойства и заваряване“, Технически университет – София, 2013.
4. Пестриков В.М., Е.М. Морозов, „Механика разрушения твердых тел“, Санкт-Петербург, Професия, 2002, 300 с.
5. Bailon J-P., J. Dickson, L. Shiqiong, D. Larouche, „Mechanisms of Cracking at and Near the Threshold“, Fatigue 90, MCEP Publications, 1990.