

Методика за определяне на вътрешните напрежения в наваръчни възстановителни шевове

Огнян Сливаров, Любомир Станев, Георги Кольковски

Methods for determining the internal tensions in stratification recovery layers. In Scientific Report is a method for determining the internal tensions of rebuilding parts. This method treats destructive test methods.

Key words: *internal tensions, thermal tensions, worn parts*

ВЪВЕДЕНИЕ

На етапа на проектиране на технологичните процеси, детайлите подлежащи на възстановяване е необходимо да се оценяват по широк кръг от фактори. Един от тях е големината на детайла изразяваща се с обем и маса. Тези характеристики се отнасят за така наречените голямогабаритни детайли.

Характерните особености на тези детайли основно са техните габарити, както и това че те работят в по-тежки условия при нормална експлоатация.

Износванията на този тип детайли са в порядъка до 15 mm. Тяхното възстановяване е усложнено, трудоемко и скъпо, но все пак технико-икономическата ефективност от тази дейност е значителна.

Друга особеност при възстановяването на голямогабаритните детайли под слой от флюс е тази, че за възстановяването им е необходимо да се разработи технологичен процес за многослойно наваряване, което да обезпечи голяма износоустойчивост на навареното покритие. За постигане на тази цел се прибегва до използване на различни по материали електродни телове и флюсове при даден възстановителен слой.

Тази особеност в комбинация от продължителното нагряване води до неприятни последици, които специалистите се стремят да изучат и избегнат до колкото това е възможно. Една от тях е наличието на вътрешни напрежения след извършване на наваряването.

Под собствени напрежения се разбира общо напрежение в детайли, които не са подложени на външни механични натоварвания и които се намират в едно пространство и по време константно температурно поле [6]. За разлика от хомогенни материали, които не предизвикват изменения на вътрешните напрежения в отделните температурните полета, то в композитните материали с различен температурен коефициент на линейно разширение вътрешните напрежения имат сложно описание [6].

Предизвиканите от вътрешните напрежения сили и моменти се намират в механично равновесие. Това води до това, че на определени дълбочинни нива, състоянието на вътрешните напрежения породили се от статичното равновесие, трябва да съществуват напрежения с противоположни знаци. Поради повърхностно закаляване, което е със стръмни твърдостни и напрежийни градиенти, в областите под повърхността трябва да има един нулев преход, който най-често е там, където завършва закаления слой [6].

TIETZ [6] разделя вътрешните напрежения по вида на тяхното образуване на: термични; структурно – превръщащи и деформационни, а също и по областта на действието им на макровътрешни напрежения (I вид) и микровътрешни напрежения (II вид).

В рамките на тази статия ще се опише методиката за определяне на термичните и структурно-превръщащите вътрешни напрежения от I вид.

Влиянието на вътрешните напрежения в повърхностните слоеве на детайли върху съпротивителната способност срещу износване и корозия в литературата е описана по различни начини, но по отношение на положителното влияние на напреженията на натиск върху якостта на умора няма две мнения. За това изследването на вида и големината на вътрешните напрежения в повърхностни слоеве е важен критерий за определяне на свойствата на детайлите и по-точно на възстановените повърхнини.

Твърдостта на наварените повърхнини варира в зависимост от големината на вътрешните напрежения, като и тук трябва да се отбележи, че данните в литературата не са единни. Въпреки това се знае, че напрежения на опън намаляват значително твърдостта, докато напрежение на натиск почти не оказват влияние върху нея [6].

Тъй като не само стойността на напреженията на повърхността, а и тяхното разпределение в сечението е много важно, се налага да се потърси една надеждна и бърза методика за измерването им.

Методът на суксесивното срязване [6], [5] се използва за количествено измерване на тангенциалните вътрешни напрежения в сечението на ротационни детайли. Тази методика е описана по-надолу, тъй като тя не е много позната и разпространена.

Тъй като този метод е само сравнителен, за точното определяне на вътрешните напрежения трябва при нужда от потвърждаване, трябва да се използват рентгенографични методи и по-точно така наречената $\sin^2 \psi$ - метод или методи, описани в съответните нормативни документи.

ИЗЛОЖЕНИЕ

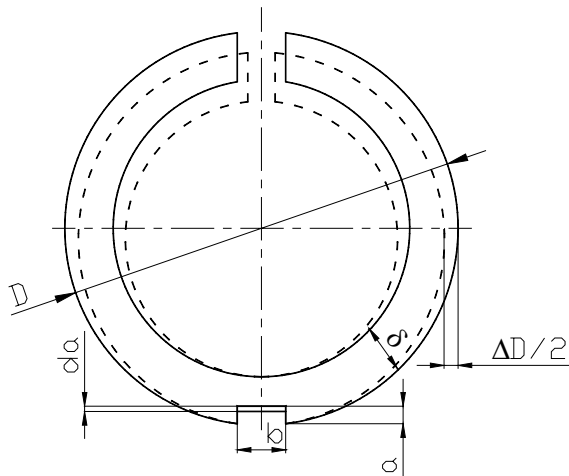
1. Математичен модел.

Методът на суксесивното срязване принадлежи към така наречените разрушителни методи. Той е развит от Русин и сътрудници [4] за пръстени и модифицира и допълва познатия метод на Давиденков [1] за тънкостенни тръби (радиално срязване с последващо отстраняване на цилиндрични слоеве).

В Берлинския Технологичен институт е използван от Андреас Найдел за определяне на вътрешните напрежения на детайли закалени чрез MBL – метод.

Ние го прилагаме за определяне на вътрешните напрежения на образци наварени под слой от флюс с първоначален външен диаметър 100 mm. Образците са наварени с два слоя наварен метал, като за всеки слой е използван различен материал на електродната тел.

На Фиг. 1 е показана схемата при определянето на тангенциалните вътрешни напрежения по този метод. Пръстен с дебелина „ δ ” и със среден диаметър d_m се разрязва радиално (отстраняване на пръстенов сегмент), чрез което настъпва изменение на външния диаметър ΔD . След това на диаметрално срещуположната страна се шлифова канал с широчина „ b ” и дълбочина „ a ” чрез фрезозване или шлайфане, но без топлина. Този канал постепенно се уголемява (само по дълбочина „ a ”) с което ΔD се изменя постоянно. Чрез отношението напрежение – деформация може да се изчисли от стойностите на двойката (ΔD , a) тангенциалното напрежение за съответната дълбочина „ a ”.



фиг. 1. Схема на метода за определяне на тангенциалните вътрешни усилия

Общото тангенциално напрежение $\sigma_i^E(a)$ в едно определено разстояние от повърхността на пръстена се изчислява от сумирането на трите члена [1]:

$$\sigma_i^E(a) = -\sigma'(a) + \sigma''(a) + \sigma'''(a) \quad (1)$$

$\sigma'(a)$ - вътрешно напрежение, което е освободено чрез радиалното срязване на пръстена – първото срязване:

$$\sigma'(a) = \frac{2E\left(\frac{\delta}{2} - a\right)}{d_m^2} \cdot \Delta D_s \quad (2)$$

$\sigma''(a)$ - вътрешно напрежение, което е съдържал слоя "а" преди неговото отстраняване:

$$\sigma''(a) = -\frac{E(\delta - a)^2}{3b(d_m - a)} \cdot \frac{d\Delta D}{da} \quad (3)$$

$\sigma'''(a)$ - вътрешно напрежение, което се е акумулирало в слоя "а" от предишно снетия слой:

$$\sigma'''(a) = \frac{2E}{3b} \int \frac{(2\delta - 3a + \chi)}{(d_m - \chi)} \cdot \frac{d\Delta D}{d\chi} \cdot d\chi \quad (4)$$

Пълната формула за изчисление на тангенциалните напрежения в сечението на пръстена по метода на сугсесивното срязване е :

$$\sigma_i^E(a) = -\sigma'(a) + \sigma''(a) + \sigma'''(a) = \frac{2E\left(\frac{\delta}{2} - a\right)}{d_m^2} \Delta D s - \frac{E(\delta - a)^2}{3b(d_m - a)} \cdot \frac{d\Delta D}{da} + \frac{2E}{3b} \int_0^a \frac{(2b - 3a + \chi)}{(d_m - \chi)} \frac{d\Delta D}{d\chi} \cdot d\chi \quad (5)$$

След експериментално определяне стойностите на двойката $(\Delta D, a)$, следствие изменението на диаметъра ΔD на пръстена в зависимост от определено отнета дебелина "а", те се апроксимират с един полином от трета степен

$$y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D \quad (6)$$

респективно

$$\Delta D = Aa^3 + Ba^2 + Ca + D \quad (7)$$

Точното изчисление на разположението на тангенциалните напрежения по сечението на пръстена чрез полиномното деление, диференциране и интегриране на уравнението, ползвайки регресионните коефициенти А, В, С, D е представено в (8).

$$\begin{aligned} \sigma_i^E(a) = & \frac{2E\left(\frac{\delta}{2} - a\right)}{d_m^2} \Delta D s - \frac{E(\delta - a)^2}{3b(d_m - a)} \cdot (3Aa^2 + 2Ba + C) + \\ & + \frac{2E}{3b} \cdot \{3,5 \cdot A \cdot a^3 + (7,5 \cdot A \cdot d_m - 3 \cdot \delta \cdot A + 5 \cdot B) a^2 - (3 \cdot A \cdot d_m^2 + 6 \cdot A \cdot \delta \cdot d_m + 2 \cdot B \cdot d_m + 4 \cdot \delta \cdot B + C) a - \\ & - [(3 \cdot A \cdot d_m^3 + 6 \cdot \delta \cdot A \cdot d_m^2 - 9 \cdot B \cdot a \cdot d_m^2 + 2 \cdot B \cdot d_m^2 + 4 \cdot \delta \cdot B \cdot d_m - 6 \cdot B \cdot a \cdot d_m + C \cdot d_m + 2 \cdot \delta \cdot C - 3 \cdot a \cdot C) \cdot \ln \left| \frac{a - d_m}{d_m} \right| \} \end{aligned} \quad (8)$$

В момента се подготвя компютърна програма за изчисляване стойността на вътрешното напрежение в зависимост от стойността на "d_m" и "а".

2. Последователност на изработване и измерване на образците

1. Изработване на плътни кръгови заготовки – 5 бр., с външен диаметър D₁=100 mm и дължина L₁=30 mm, стомана 45.
2. Наваряване двуслойно на 4 броя заготовки под слой от флюс с електроден тел, флюс и режим по предварително зададена технология. Дължина на наварените слоеве L₂=20 mm.
3. Външно струговане (шлифоване) между центри на всяка заготовка до достигане на външен диаметър D₂=105 mm.
4. Пробиване и разстъргване вътрешно на всяка заготовка до размер на вътрешния диаметър D_{вътр}=60 mm.
5. Подрязване (челосване) на струг на всяка заготовка.
6. Изрязване от всяка заготовка по два пръстена на нишкова ерозийна машина. Дължина (дебелина на пръстена) L₃=5 mm.

7. Измерване на външния диаметър с измервателен уред с точност до $1\mu\text{m}$.
8. Изрязване на сегмент чрез Фрезозане (шлифоване) от всеки пръстен с дължина на хордата $l=10\text{ mm}$. Механичната обработка се извършва в течна среда. Честота на въртене - 500 min^{-1} , подаване $0,5\text{ mm / min}^{-1}$; дълбочина на рязане $0,5\text{ mm}$, грапавост $Ra = 40\mu\text{m}$.
9. Измерване на изменението на външния диаметър ΔD с измервателен уред с точност до $1\mu\text{m}$.
10. Фрезозане (шлифоване) на канал на диаметрално срещуположната страна на отстранения сегмент на всеки пръстен. Механичната обработка се извършва в течна среда. Широчината на канала „b” не се изменя и е предварително определена. Дълбочината на канала „a” е също предварително определена, а броят на стъпките на удълбочаване е 3.
11. Измерване на изменението на външния диаметър ΔD с измервателен уред с точност до $1\mu\text{m}$ след всяко фрезозане (шлифоване) на канала.
12. Записване на резултатите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разгледаната методика за определяне на вътрешните напрежения на повърхностните слоеве на наварени под слой от флюс детайли е една надеждна и бърза методика, която не изисква сложно оборудване.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ватев Е . Зависимост на методите на отвърщане и на температурата на отвърщане върху разпределението на вътрешните напрежения в индукционно закалени цилиндрични проби. Известия за термична обработка, стр. 32 – 37. Мюнхен 29. 1974.
2. Давиденков, Н: Определяне на вътрешните напрежения в цилиндрични слоеве. Журнал по техническа физика, Москва 1, стр. 5 – 17.
3. Лангнер, Т. Разрушителни методи за измерване на вътрешни напрежения на дъгово наварени цилиндрични проби, Ingenieurhochschule Berlin – Wartenberg. 1990.
4. Найдел, А. Изследване на зависимостта на наваръчни слоеве върху вътрешните напрежения в ротационно – симетрични детайли, Ingenieurhochschule Berlin – Wartenberg. 1986.
5. Русин, И. Методика за определяне на остатъчните тангенциални напрежения в детайли с цилиндрична форма. Заводска лаборатория, Москва 41, стр. 733 – 735.
6. Титц, Д. Основи на собствените (вътрешни) напрежения; Лайпциг, Немско издателство на материалната индустрия, 1982.

За контакти:

Проф. д-р Любомир Станев, катедра “Машиностроене и транспорт”, Технически колеж – Смолян към ПУ “Паисий Хилендарски”, тел.: 0895965674.

Гл. ас. Огнян Сливаров, катедра “Машиностроене и транспорт”, Технически колеж – Смолян към ПУ “Паисий Хилендарски”, тел.: 0896143493, e-mail: oslivarov@dir.bg.

Гл. ас. Георги Николов Кольковски, Технически колеж – Смолян към ПУ “Паисий Хилендарски”, тел.: 0878613595.

Докладът е рецензиран.