УДК 53.01/.09

СТАЩУК М.,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України,
ЛАЗАР В.,
Мукачівський державний університет

КОНЦЕНТРАЦІЯ ВОДНЮ ТА ВИКЛИКАНИХ НИМ НАПРУЖЕНЬ У МЕТАЛЕВІЙ СМУЗІ ТА ПОРОЖНИСТОМУ ЦИЛІНДРІ

Вагомість теоретичних досліджень взаємодії металів та сталей з воднем щодо їх актуальності не викликає сумнівів. Першочерговими при цьому стають питання поведінки наводнених матеріалів в порівнянні з ненаводненими, а також – характер розподілу поля напружень біля їх концентраторів в наводнених матеріалах. Особливої актуальності в цьому плані набуває визначення напружено-деформованого стану тіла, обумовленого концентрацією наявного в ньому водню. Тому метою даної роботи є встановлення аналітичних взаємозв'язків між концентрацією водню у металі та зініційованими ним напруженнями, а також кількісна характеристика концентрації водню біля поверхонь металевої смуги та поверхонь заповненого воднем циліндра.

У роботі зроблено загальну постановку задачі оцінки взаємовпливу дифузійного процесу та поля напружень у системі метал–водень, яку зведено до системи двох взаємозв'язаних рівнянь [1; 2].

$$\begin{cases} \dfrac{1-\nu}{1+\nu}\operatorname{grad}\operatorname{div}\vec{u} - \dfrac{1-2\nu}{2(1+\nu)}\operatorname{rot}\operatorname{rot}\vec{u} = \dfrac{\alpha_c}{3}\operatorname{grad}(C-C_0) \\ \dfrac{\partial C}{\partial t} = D\nabla^2 C + \dfrac{DV_H}{RT}\left\langle \vec{\nabla}C, \vec{\nabla}\sigma_{ll}^c \right\rangle, \end{cases} \tag{1}$$

де ν – коефіцієнт Пуассона матеріалу, $\vec{u}$ – вектор переміщень, C_0 та C – відповідно початкова та наявна концентрації атомів водню у металевому тілі, α_c - коефіцієнт концентраційного розширення [2], D – коефіцієнт дифузії, V_H – парціальний молярний об'єм атома водню в металі, R – універсальна газова стала, T – абсолютна температура; $\langle\cdot,\cdot\rangle$ - скалярний добуток. У випадку квазістаціонарної системи рівнянь для малозмінних напружень систему (1) зведено до одного концентраційного рівняння

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\nabla^2 C - \frac{2\alpha_c V_H E D}{3(1-\nu)RT}\left\langle \vec{\nabla}C, \vec{\nabla}C \right\rangle^2, \tag{2}$$

де E - модуль Юнга матеріалу.

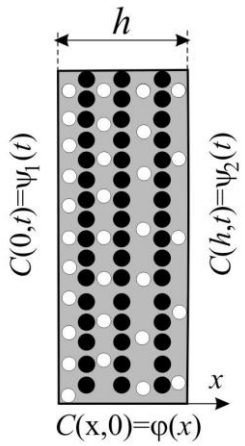

Рис. 1 Наводнена смуга з розподіленою концентрацією водню
• - атоми металу;
○ - атоми водню.

Для смуги (рис. 1) товщини h це рівняння має вигляд

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} - \frac{2\alpha_c V_H E D}{3(1-\nu)RT}\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right)^2.$$

Розв'язок при початковій й крайових умовах у цій смузі

$$C(x,0)=\varphi(x),$$
$$C(0,t)=\psi_1(t),\quad C(h,t)=\psi_2(t)$$

побудовано в замкнутому вигляді

$$C(x,t)=\frac{a}{b}\ln|u(x,t)|, \tag{3}$$

де $a=D$, $b=-D\dfrac{2\alpha_c V_H E}{3(1-\nu)RT}$; $u(x,t)=\sum\limits_{n=1}^{\infty}T_n(t)\sin\dfrac{\pi n x}{h}$.

Тут $T_n(t)=e^{-\left(\frac{\pi n\sqrt{a}}{h}\right)^2 t}\left[\dfrac{2}{h}\int\limits_0^h e^{\frac{b}{a}\varphi(x)}\sin\dfrac{\pi n x}{h}dx+\dfrac{2\pi n a}{h^2}\int\limits_0^t e^{\left(\frac{\pi n\sqrt{a}}{h}\right)^2\tau}\left(e^{\frac{b}{a}\psi_1(\tau)}-(-1)^n e^{\frac{b}{a}\psi_2(\tau)}\right)d\tau\right]$.

Для порожнистого циліндра (рис. 2) рівняння (2) приймає вигляд

$$\frac{\partial C}{\partial t}=D\left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial C}{\partial r}\right)-\frac{2\alpha_c V_H E D}{3(1-\nu)RT}\left(\frac{\partial C}{\partial r}\right)^2.$$

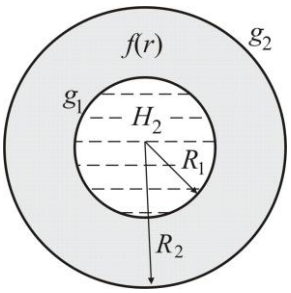

Рис. 2 Пустотілий циліндр з розподіленою концентрацією водню.

Розв'язок такого рівняння при початковій й крайових умовах

$$C(r,0)=f(r),$$
$$C(R_1,t)=g_1=const,\quad C(R_2,t)=g_2=const$$

побудовано в замкнутому вигляді [3]

$$C(r,t)=\frac{a}{b}\ln|w(r,t)|, \tag{4}$$

де

$$w(r,t)=\frac{\pi^2}{2}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\mu_n^2 J_0^2(R_1\mu_n)\Psi_n(r)}{J_0^2(R_1\mu_n)-J_0^2(R_2\mu_n)}e^{-a\mu_n^2 t}\int_{R_1}^{R_2}e^{\frac{b}{a}f(r)}r\Psi_n(r)dr-$$
$$-\pi\sum_{n=1}^{\infty}\frac{\left\{e^{\frac{b}{a}g_2}J_0(R_1\mu_n)-e^{\frac{b}{a}g_1}J_0(R_2\mu_n)\right\}J_0(R_1\mu_n)\Psi_n(r)}{J_0^2(R_1\mu_n)-J_0^2(R_2\mu_n)}e^{-a\mu_n^2 t}+\frac{e^{\frac{b}{a}g_1}\ln(R_2/r)+e^{\frac{b}{a}g_2}\ln(r/R_1)}{\ln(R_2/R_1)},$$

а $\Psi_n(r)=J_0(r\mu_n)Y_0(R_2\mu_n)-J_0(R_2\mu_n)Y_0(r\mu_n)$, причому $J_0(z)$ та $Y_0(z)$ – функції Бесселя, μ_n – додатні корені трансцендентного рівняння

$$J_0(R_1\mu)Y_0(R_2\mu)-J_0(R_2\mu)Y_0(R_1\mu)=0.$$

На основі знайдених розв'язків (3), (4) відповідних їм рівнянь розраховано концентрацію водню у смузі та порожнистому циліндрі. Розрахунок відповідного гідростатичного тиску проведено за формулою [2]

$$\sigma_{ll}^c=-\frac{2E\alpha_c}{3(1-\nu)}(C-C_0).$$

У результаті числового експерименту, проведеного на основі концентраційного рівняння (2), було

- встановлено розподіл водню уздовж товщини смуги та пустотілого циліндра в залежності від часу наводнення;

- розраховані рівноважні напруження гідростатичного тиску уздовж товщини смуги та порожнистого циліндра;

- розрахунки порівняно з відомими експериментальними даними, співпадіння яких відповідає порядкам степеня з основою 10.

Література

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теория упругости. – М. : Наука, 1965. – 204 с.

2. Стащук М.Г. Вплив концентрації водню на напруження у суцільному металевому циліндрі / М.Г.Стащук // Фіз.-хім. механіка матеріалів, 2017. – №6. – С. 73-79.

3. Карслоу Г., Егер Д. Теплопроводность твердых тел. – М. : Наука, 1964. – 488 с.

УДК 330.32:656

СТЕГНЕЙ М.І.,
Мукачівський державний університет
ІРТИЩЕВА І.О.,
Миколаївський національний університет
кораблебудування імені адмірала Макарова
КРАМАРЕНКО І.С.,
Миколаївський міжрегіональний інститут
розвитку людини ВНЗ "Університет "Україна"

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ НАЦІОНАЛЬНОГО ІНВЕСТИЦІЙНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

Протягом трансформаційного періоду останніх двох десятиліть наша країна, на жаль, не досягла достатнього для ефективного технологічного розвитку рівня інвестиційного потенціалу. Процеси формування діючих інвестиційних ресурсів та їх раціонального використання для забезпечення економічного зростання гальмувалися під дією кризових явищ, неефективної економічної політики в інвестиційно-інноваційній сфері та значно ускладнилися останніми роками внаслідок військового конфлікту й окупації частини територій. У загальному, процеси трансформації економіки України обумовлені логікою історичного переходу від адміністративно-командної системи управління економікою, що втратила актуальність в умовах здобуття незалежності та розриву значної частини функціональних взаємозв'язків з республіками пострадянського простору до відносно ефективної ринкової моделі управління на ліберально-капіталістичних засадах.

Аналізуючи вплив процесів трансформації вітчизняної економіки на рівень інвестиційної активності вітчизняних підприємств, можна виділити окремі етапи, що характеризують вплив окремих макроекономіки та інституційних ефектів на розвиток інвестиційного потенціалу. Початковий етап (1991-1997 роки) характеризується проведенням активних реформ у сфері власності (запуск процесів роздержавлення і приватизації) та державного регулювання (відмова від державного регулювання цін, зниження ролі державних монополій, спрощення механізмів регулювання зовнішньої торгівлі, посилення ринкових механізмів розподілу ресурсів).

У період поглибленої трансформації (1996-1999 роки), не зважаючи на прояв гострих соціально-економічних проблем, що виникли внаслідок подальшої структурної перебудови національної економіки в напрямку її

МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26
тел./факс +380-3131-21109
Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua
E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua
Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: http://dspace.msu.edu.ua:8080
Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: http://msu.edu.ua/library/