

$$N_b = \omega_0 \cdot \sigma_{b,ек} \cdot x \cdot b, \quad (2)$$

де  $\sigma_{b,ек}$ ,  $x$  – ордината еквівалентної прямокутної епюри напружень стиснутої зони бетону підсилюваної балки і її розрахункова висота, відповідно;  $b$  – ширина стиснутої зони прямокутного перерізу;  $\omega_0$  – коефіцієнт, який враховує вплив залишкових напружень на форму епюри напружень у стиснутій зоні бетону підсилюваної балки ( $\omega_0 \leq 1$ ).

Ординату еквівалентної прямокутної епюри напружень стиснутої зони бетону підсилюваної балки визначають з умови  $\bar{\sigma}_{b,ек} = \alpha R_b$ . Розрахункова висота стиснутої зони бетону підсилюваної балки становить  $x = 2\beta \cdot \bar{x}$ . Експериментальні коефіцієнти  $\alpha$  і  $\beta$  визначають за графіком [1].

При реалізації додільної гілки діаграми “ $\sigma_b - \varepsilon_b$ ” нормальні напруження у стиснутому бетоні розподіляються по висоті перерізу за законом

$$\sigma_{bz} = \sigma_{b\phi} \left( \frac{z}{\bar{x}} \right)^{n_\sigma}, \quad (3)$$

де  $z$  – віддаль від нейтральної осі до точки, де визначають  $\sigma_{bz}$ ;  $\sigma_{b\phi}$  – значення напружень у крайньому фібрі бетону стиснутої зони, найвіддаленішої від нейтральної осі.

Коефіцієнт  $n_\sigma$  характеризує форму епюри напружень і визначається за формулою

$$n_\sigma = 1 - (1 - f_b) (\sigma_{b\phi} / R_b)^{m_M}. \quad (4)$$

Тут  $f_b = E_{b,max}^{dom} / E_b^0$ , де  $E_{b,max}^{dom}$  – дотичний модуль деформації бетону, що відповідає руйнівному напруженню;  $E_b^0$  – початковий модуль деформацій бетону; коефіцієнт нелінійності деформування бетону  $m_M = 5,689 - 0,0053 R_b$ .

Визначення ординат епюр напружень детально наведено в роботах [1, 2].

Після розвантаження у нормальних перерізах балки спостерігають складний напружений стан – епюра напружень є знакозмінною криволінійною (рисунок). Її можна замінити на умовну прямокутну епюру з трьома ділянками:

- ділянкою, стиснутою до розвантаження;

- ділянкою, завдовжки  $l_{3,\bar{b}}$ , яку в першому наближенні приймають так, щоб її середина співпадала з серединою висоти перерізу;
- ділянкою, розташованою симетрично відносно розтягнутої арматури.

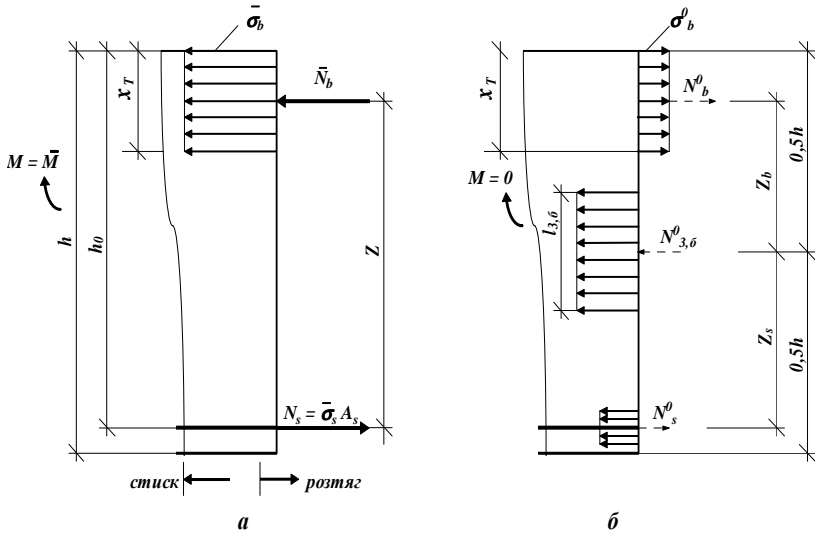


Схема зусиль у нормальному перерізі згинального елемента з тріщиною:  
 а – перед розвантаженням; б – після повного розвантаження

При повному розвантаженні у розтягнутій арматурі спостерігають залишкові напруження:

$$\sigma_s^0 = \frac{2N_{3,\bar{b}}^0 z_b^*}{A_s z}, \quad (5)$$

де  $z_b^* = z - z_s = z + 0,5h - h_0$ ;  $z$  – плече внутрішньої пари сил на початку розвантаження ( $M = \bar{M}$ ). Величину  $N_{3,\bar{b}}^0$  визначають за формулою

$$N_{3,\bar{b}}^0 = \frac{\bar{M}}{a \cdot z}, \quad (6)$$

де коефіцієнт  $a$  у першому наближенні приймається рівним 5,5-6,5.

Згинальний момент перед початком розвантаження становить:

$$\bar{M} = \bar{\epsilon}_s E_s A_s z. \quad (7)$$

Тут  $\bar{\varepsilon}_s$  – середні деформації розтягнутої арматури перед початком розвантаження.

Оскільки залишкові напруження у розтягнутій арматурі після розвантаження  $\sigma_s^0 = E_s \varepsilon_s^0$ , то залишкові деформації  $\varepsilon_s^0 = \sigma_s^0 / E_s$ , або з урахуванням формул, записаних вище, складатимуть:

$$\varepsilon_s^0 = \frac{2\bar{\varepsilon}_s(z + 0,5h - h_0)}{a \cdot z} \quad (8)$$

При частковому розвантаженні деформації становлять:

$$\varepsilon_{si}^0 = \varepsilon_s^0 + (\bar{\varepsilon}_s - \varepsilon_s^0) \left[ 1 + \rho \left( \frac{\bar{M} - cM_i}{\bar{M}} \right)^n \right] \frac{M_i}{\bar{M}}, \quad (9)$$

де  $\rho$ ,  $c$ ,  $n$  – коефіцієнти, які дорівнюють 0,4; 1; 0,5 відповідно [1, 3].

Відстані від точки прикладання рівнодійної стискуючих зусиль у шарі полімербетону і у бетоні стиснутої зони до центру ваги розтягнутої арматури визначають за рівняннями:

$$z_{pb} = h_0 + 0,5\delta; \quad z_b = h_0 - 0,5x. \quad (10)$$

Висоту стиснутої зони бетону визначають з умови рівноваги – сума проєкцій всіх сил на вісь елемента дорівнює нулю:

$$N_b + N_{pb} - N_s = 0. \quad (11)$$

1.Касасбех Абдельмажидж. Прочность и деформативность усиленных и восстановленных полимербетоном железобетонных изгибаемых элементов: Дис...канд. техн. наук. – К., 1997. – 201 с.

2.Сунак О.П. Прочность, трещиностойкость и деформативность нормальных сечений изгибаемых комбинировано армированных сталефибробетонных элементов: Дис...канд. техн. наук. – К., 1986. – 175 с.

3.Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона / А.Н.Бамбура, В.Я.Бачинский, Н.В.Журавлева, И.Н.Пешкова. – К.: НИИСК, 1987. – 25 с.

Отримано 06.12.2005

УДК 678.027.3

В.А.СВІДЕРСЬКИЙ, А.Д.ПЕТУХОВ, доктора техн. наук,

Д.Г.ШУСТИНСЬКА, С.С.КОЛОМІЄЦЬ

Національний технічний університет „КПІ”, м.Київ

## ЕКСТРУЗІЙНІ ПІНОПОЛІОЛЕФІНИ: УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ЇХ ВИРОБНИЦТВА І ВЛАСТИВОСТЕЙ

Аналізуються екструзійні методи виробництва пінополіолефінів (ППО), дослід-

жуються напрямки удосконалення їх властивостей, у тому числі шляхом структурування, з метою розширення застосування ППО в будівництві та міському господарстві.

Вироби із спінених ППО (полотна, пластини, трубки, їх ламіновані варіанти, джгути, полотна з липким шаром та ін.) знаходять все ширше розповсюдження в міському будівництві та господарстві як засоби тепло-, звуко-, гідро-, електро-, віброізоляції, амортизації. Завдяки високій хімічній стійкості, відносно задовільній механічній міцності, морозостійкості, хорошим діелектричним характеристикам, невеликому водопоглиненню, малій уявній густині, гнучкості, ефективному способу виробництва, відносно низькій собівартості, спрощеній та зручній формі використання ППО витісняють традиційні матеріали, маючи відчутні переваги серед інших промислово поширених спінених полімерів.

Освоюються нові ніші використання ППО. Особливо це помітно в сучасних умовах будівництва так званих „енергоефективних” будівель, сумарна економія тепла в таких будівлях досягає 50%. Теплоізоляцію з ППО виготовляють у вигляді пластин і трубок, які забезпечують як надійну тепло-, гідроізоляцію стін, стелі, підлог, так і захист трубопроводів від запотівання, утворення конденсату. Висока паропроникність ППО сприяє міграції парів вологи з внутрішніх шарів теплоізоляційних оболонок теплопроводів, що виключає „парниковий” ефект і, таким чином, забезпечує високу якість ізоляції.

Важливо, що більшість з вказаних виробів та напівфабрикати для решти виготовляють безпосередньо безперервним екструзійним методом, за допомогою якого можна регульовано вводити компоненти по ходу здійснення процесу. Компоненти можуть бути як в твердому так і в рідкому стані. При екструзійній підготовці розплаву композицій для спінування забезпечується висока гомогенізація компонентів у полімерної матриці.

Продовжується робота по підвищенню всього комплексу властивостей ППО, технологічних та експлуатаційних можливостей звичайного (термопластичного) спіненого поліетилену низької густини (ППЕНГ), з приближення промислового впровадження спінених структурованих (зшитих) поліетилену низької густини (ЗППЕНГ), лінійного поліетилену низької густини (ЗПЛПЕНГ), поліетилену високої густини (ЗППЕВГ), поліпропілену (ЗППП) та їх сополімерів.

Удосконалення ППО відбувається за рахунок підбору для вихідних композицій матеріалу полімерної матриці, ефективних небезпечних спінувачів, утворювачів зародків (нуклеаторів) комірок, емульгаторів (стабілізаторів) стінок комірок, агентів регульованого утворення вільних радикалів у матриці і просторового структурування полімерів,

необхідних для цього каталізаторів, прискорювачів зшивання, а також антистатиків, барвників, антипіренів та інших домішок. Потребують удосконалення і режими переробки, обладнання.

Об'єктами перспективного використання або вивчення для можливості використання в якості полімерної матриці ППО є поліолефіни всіх типів: від традиційних поліетилену, поліпропілену, сополімерів до їх різних модифікацій, у тому числі таких як надвисокомолекулярний поліетилен.

Полімерна матриця повинна забезпечити умови для утворення оптимальної кількості комірок, підтримати їх ріст і стабілізацію газоструктурного елементу. Однією з умов є наявність достатньо широкого діапазону в'язкості розплаву, що забезпечує технологічну можливість утворення закритих пружних комірок, тому що за межами діапазону при максимальній в'язкості порушується сталість процесу утворення комірок, а при мінімальній – комірки втрачають пружність. В'язкість визначається природою полімеру та температурою розплаву, тому кожен з полімерів має різний діапазон в'язкості: якщо поліетилен високого тиску має широкий технологічний інтервал, то у поліетилену низького тиску і поліпропілену цей інтервал менший.

Ефективними в технологічному, екологічному і вартісному планах є використання для спінювання поліолефінів низькокиплячих скраплених вуглеводних газів з ряду бутан – гептан. Вони відповідають таким вимогам:

- мають низьку молекулярну масу;
- температура їх кипіння нижче температури плавлення поліолефінів;
- у рідкому та газоподібному стані хімічно інертні і стабільні;
- легко розчиняються в розплаві композиції;
- у газоподібному стані мають більш низьку швидкість дифузії в полімері у порівнянні з повітрям;
- мають більшу густину ніж повітря, самопливом віддаляються із зон переробки і технологічного вилежування виробів при наявності відповідної вентиляції з надпідлогових шарів повітря приміщень;
- у газоподібному стані не мають кольору та запаху.

Відомо, що пряме насичення газом чистого полімеру без утворювачів зародків (нуклеаторів) комірок приводить до утворення грубокоміркових структур піни. У той же час на зародках переважно фіксується газ-спінювач, де і розширюється під час спінювання розплаву: чим більше зародків, тим більше з'явиться комірок, тим меншим буде се-