

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЛИКО-ЕКСТРУЗІЙНОГО ФОРМУВАННЯ ПУСТОТНИХ ПАНЕЛЕЙ

Ролико-екструзійний метод формування пустотних панелей перекриття має переваги технічного та технологічного характеру в порівнянні з відомими вібраційними [1, 2] та безвібраційними роликівими [2, 3]. Бетоноформуючі агрегати, що використовуються для формування пустотних плит екструзією в сполученні з вібрацією або пресуванням розробляються відомими світовими фірмами такими як “Partek” (Фінляндія), “Spiroll” (Канада), “LPE”, а також агрегат “Ren Deguo” (Китай). В конструктивному рішенні, що розробляється в КНУБА, процес формування забезпечується взаємодією екструдера та формуючого ролика (рис.1), що принципово відрізняє його від відомих агрегатів. Ролико-екструзійне формування

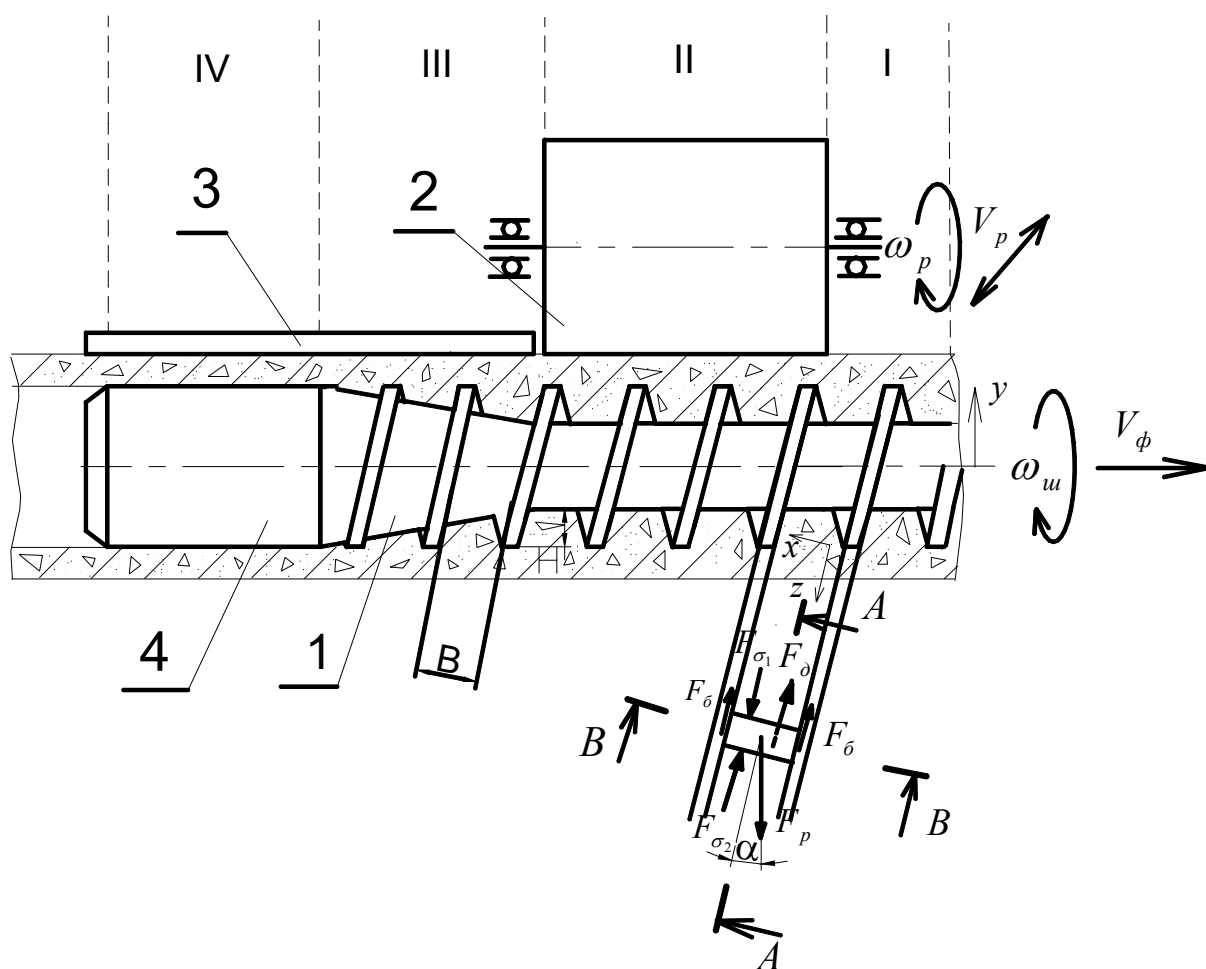


Рис. 1. Розрахункова схема процесу ролико-екструзійного формування

відбувається за рахунок одночасної пресуючої дії шнек-екструдера 1, який діє в масиві суміші, нагнітаючи її в порожнину форми, і розкочуючого ролика 2, який виконує поверхневе ущільнення виробу за рахунок багаторазового вдавлювання нових порцій суміші (підсипки). Остаточне формування та формоутворення панелі відбувається після проходження калібруючої частини екструдера 4 та стабілізуючої плити 3. Рух всього агрегату із швидкістю V_ϕ здійснюється за рахунок реактивних сил, що створюють витки екструдера в напрямку, протилежному пресуючим зусиллям. Виходячи з досвіду роботи аналогічних машин [2,3],

можливо стверджувати, що комбінована подвійна дія поверхневого розподільного ролика та глибинного шнек-екструдера забезпечить ефективність процесу ущільнення.

В зв'язку із складністю процесу формування, умовно поділимо його на чотири етапи. На першому етапі (I) на елемент діють гідростатичний тиск суміші з бункера та шнек-екструдер. При цьому суміш, що витікає з бункера, транспортується першими 2-3 витками під ролик і частково ущільнюється. По мірі накопичення суміші та її ущільнення на другому етапі (II), де на елемент діють ролик та шнек-екструдер, внутрішні напруження і, відповідно, навантаження на елементи агрегату, зростають. На третьому етапі (III) завершується процес ущільнення. Зменшення пресуючої площі витків за межами дії ролика призводить до зниження внутрішніх напружень, які на четвертому етапі (IV) під стабілізуючою плитою 3 поступово зникають і саме цьому сприяє калібруюча частина 4.

Визначення силових та енергетичних співвідношень в процесі ролико-екструзійного формування проведемо за допомогою розрахункової схеми, показаної на рис.1. Розглядаємо напружений стан елементарного об'єму матеріалу, що знаходиться в замкненому контурі, на другому етапі формування, де, гіпотетично, діють найбільші навантаження. В процесі формування має місце всебічне стискання елемента. Тому напруження в напрямку OX між витками і OY між роликом та серцевиною шнека будуть відрізнятися від напружень в напрямку OZ , паралельному до витків шнека, на величину коефіцієнта бокового стискання k [4, 5]:

$$\sigma_{xx} = k\sigma_{zz} \text{ та } \sigma_{yy} = k\sigma_{zz} \quad (1)$$

Рівняння рівноваги сил, що діють на етапі (I) на елемент в напрямку осі z :

$$F_{\sigma_1} + F_p \cos \alpha - F_{\sigma_2} - F_{\partial} - 2F_{\delta} = 0 \quad (2)$$

де F_{σ_1} та F_{σ_2} - сили від дії нормальних напружень σ_{zz} , що діють у поперечному перерізі каналу; F_p - дотична сила дії ролика на матеріал; F_{∂} та F_{δ} - сили тертя дна та бокових поверхонь каналу.

Враховуючи те, що по висоті витка шнека H розподіл напруг буде неоднорідним, а також зміну товщини витка вирази для діючих сил і реакцій запишемо через середньо інтегральні значення σ_{zz} та σ_{xx} :

$$F_{\sigma_1} = \tilde{\sigma}_{zz} B_{cp} H \quad F_{\sigma_2} = (\tilde{\sigma}_{zz} + d\tilde{\sigma}_{zz}) B_{cp} H \quad F_p = \tau_{zy} B_{\delta} dz \quad (3)$$

$$F_{\partial} = (\tau_{zy} + d\tau_{zy}) B_{\partial} dz \quad F_{\delta} = \tau_{xz} H dz$$

Середньо інтегральні значення нормальних напружень по висоті витка запишуться у вигляді:

$$\tilde{\sigma}_{zz} = \frac{1}{H} \int_0^H \sigma_{zz}(y) dy \quad \tilde{\sigma}_{xx} = \frac{1}{H} \int_0^H \sigma_{xx}(y) dy \quad (4)$$

Дотичні напруження визначаються як добуток діючих відповідних нормальних на коефіцієнт зовнішнього тертя:

$$\tau_{zy} = f\sigma_{yy} \text{ та } \tau_{xz} = f\sigma_{xx} \quad (5)$$

Величини, що входять до формул (3), визначаються із схеми, що показана на рис.2. Підставляємо (3) в (2) і, вирішуючи рівняння, отримуємо:

$$-\frac{d\tilde{\sigma}_{zz}}{dz} + \tilde{\sigma}_{zz} \left(\frac{kf}{H} (\cos \alpha - 1) + \frac{kf}{2B} (\sin \delta \cos \alpha + \sin \delta) - \frac{2kf}{B} \cos \delta \right) = 0 \quad (6)$$

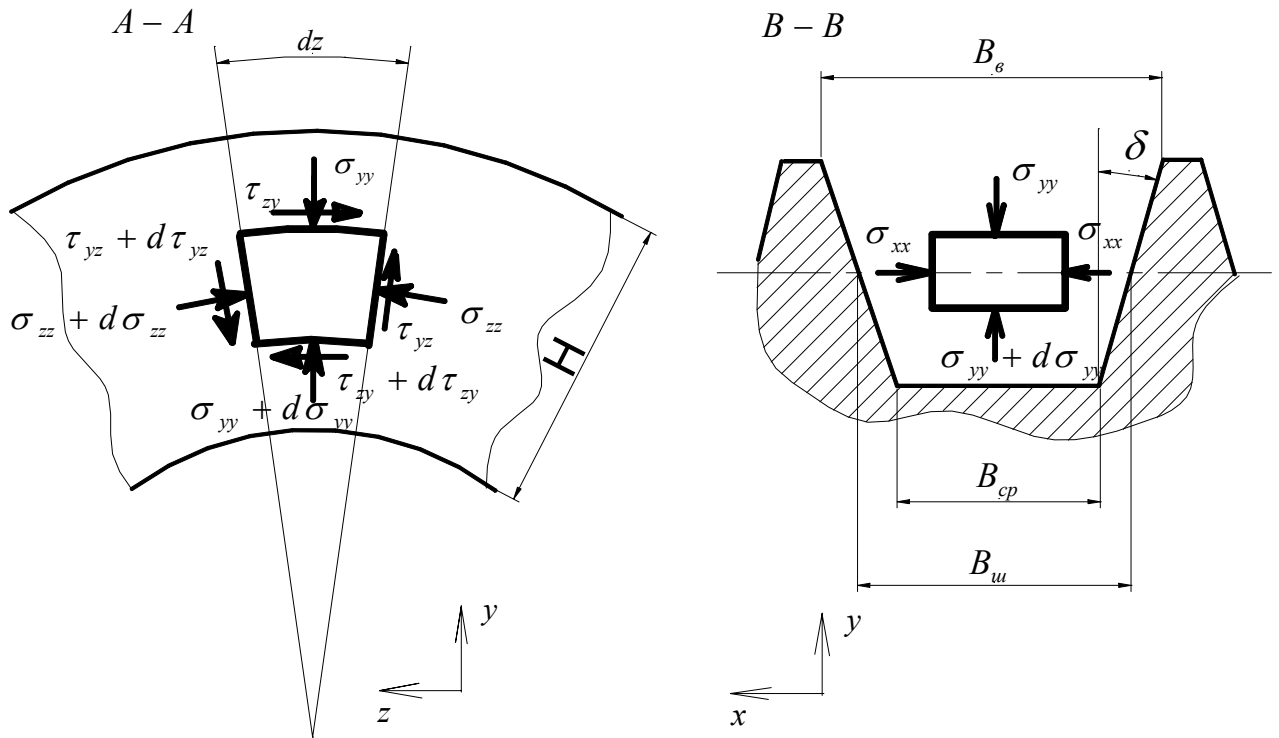


Рис.2. Схема напружень, що діють на елемент суміші (перерізи А-А і В-В знесені з рис. 1)

Введемо позначення:

$$F_{\alpha,\delta} = \frac{kf}{H}(\cos \alpha - 1) + \frac{kf}{2B}(\sin \delta \cos \alpha + \sin \delta) - \frac{2kf}{B} \cos \delta, \quad (7)$$

де $F_{\alpha,\delta}$ – це кутовий параметр, який залежить від кута транспортування α та кута нахилу витків δ .

Вираз (6) буде мати остаточний вигляд:

$$-\frac{d\sigma_{zz}}{dz} + \tilde{\sigma}_{zz} F_{\alpha,\delta} = 0. \quad (8)$$

Так як на початку ущільнення існує початкове напруження, яке створює стовп суміші, що знаходиться в бункері, то інтегрування (6) проводимо при умові $\tilde{\sigma}_{zz} = \sigma_0$ при $z=0$ і отримуємо функцію:

$$\tilde{\sigma}_{zz}(z) = \sigma_0 \exp(F_{\alpha,\delta} z). \quad (9)$$

Визначаючи умови формування, можна зазначити, що σ_0 на першому етапі (І) буде складатись з напружень $\sigma_{бун}$ від дії бетонної суміші, яка знаходиться в бункері і визначається як гідростатичний тиск:

$$\sigma_{бун} = \rho g h \quad (10)$$

де ρ – щільність бетонної суміші; g – прискорення вільного падіння; h – висота стовпа бетонної суміші в бункері.

Тоді формула (9) має вигляд:

$$\tilde{\sigma}_{zz}(z) = \rho g h \exp(F_{\alpha,\delta} z). \quad (11)$$

На другому етапі (ІІ) нормальні напруження, які створюються завдяки дії ролика σ_p при вдавлюванні підсипки [6]:

$$\sigma_p = q_x = q_{\max} \left(\frac{Rh_0 + x^2}{Rh_0 + x_k^2} \right)^{\beta-1} \exp(\pm \gamma) \quad (12)$$

де $q_{\max}$ – максимальний тиск, що виникає під роликом; R – радіус ролика; h_0 – товщина виробу; x та x_k – координати точок; β – коефіцієнт, що залежить від властивостей бетонної суміші і визначається експериментально; γ – показник ступіні, який залежить від точки прикладення на дузі контакту та умов взаємодії ролика з бетонною сумішшю.

Підставивши (12) в (9) отримаємо формулу для визначення напружень:

$$\tilde{\sigma}_{zz}(z) = q_{\max} \left(\frac{Rh_0 + x^2}{Rh_0 + x_k^2} \right)^{\beta-1} \exp(F_{\alpha,\delta} z \pm \gamma). \quad (13)$$

Напруження, які будуть отримані після розв'язання цих рівнянь обумовлять властивості середовища на кожному етапі формування, а також дозволять визначити зусилля, які виникають в процесі пресування та діють на елементи агрегату.

Список літератури

1. Ли В.А. Изготовление железобетонных изделий способом непрерывного формования. - 1986.
2. Гарнець В.М. Прогресивні бетоно-формуєчі агрегати і комплекси. К.: Будівельник, 1991 - 144 с.
3. Авт. св. UA 33971A 6B28B1302.
4. Сапожников М.Я. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий. М.: Машиностроение, 1962 – 190 с.
5. Басов Н.И. Расчёт и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов. М.: Химия, 1986. - 488 с.
6. Рюшин В.Т. Исследование рабочего процесса и разработка методики расчета машин роликового формования бетонных смесей. Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук Киев – 1986

УДК 62183:681

Е.П. Григоровський, д-р техн. наук, професор КНУБА

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ НАТЯГУ ПОЛОТНА З ПІДТРИМУВАННЯМ СТРУМУ ЯКОРЯ

Відповідно до принципу посереднього підтримування натягу на сталому рівні, коли потік двигуна має змінюватися пропорційно r_p , а струм при $F=const$ зберігається сталим, більшість систем регулювання натягу будують з двох взаємозв'язаних систем: стабілізації струму якоря двигуна намотувального пристрою з дією на напругу головного перетворювача і регулювання ЕРС двигуна з дією на потік збудження. Оскільки $\omega = iV/r_p$, а $e_\partial = C_\partial \omega \Phi$, то при

$$e_\partial = iC_\partial \Phi \frac{V}{r_p} = R_2 V$$

Потік змінюється пропорційно радіусу рулону;

$$\Phi = \Phi_{\max} \frac{r_p}{r_{p\max}}, \quad (1)$$

де $r_{p\max}$ – максимальний радіус рулону; $\Phi_{\max}$ – відповідний потік.