

УДК 655.3

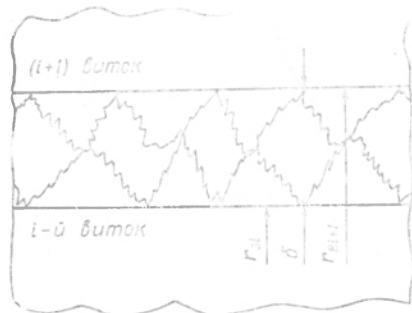
Є. І. КОТОЛЮЗ, Л. С. ЛУЦКІВ

ОЦІНОЧНЕ КОНТРОЛЮВАННЯ ПРУЖНОГО СТАНУ ПАПЕРОВИХ БОБІН

Певну частину поліграфічної продукції, зокрема етикетної, друкують з рулону на рулон, розрізують і намотують в окремі бобіни. Напруження, які виникають у бобінах, суттєво впливають на якість готової продукції, оскільки можуть викликати втрату стійкості витків бобіни, їх осьове сповзання, створювати дефекти

«пташка» тощо. Ймовірність появи вказаних дефектів і браку продукції збільшується при зменшенні ширини бобіни.

Пружно-деформований стан бобін залежить від умов намотування, геометричних розмірів стрічки, виду паперу та його фізико-механічних властивостей (шорсткості, вологості тощо) [1]. Все це утруднює вибір потрібного режиму натягу паперової стрічки при намотуванні на бобіни, оскільки напружений стан паперових бобін вивчений недостатньо.



Розглянемо задачу пружно-деформованого стану ряду бобін, які одержують із суцільного паперового полотна шляхом розрізання на стрічки та намотування на окремі оправки намотувального пристрою. Аналогічно [2] приймаємо, що витки стрічки у

Рис. 1. Схема контактування деформованих витків стрічки у бобінах.

бобінах перебувають в пружному стані і не проковзують один відносно іншого. Витки стрічки у бобінах вважаємо концентричними кільцями з постійним коловим напруженням, яке змінюється від витка до витка. Товщина та властивості кожного витка стрічки можуть бути одноманітними або різними.

Якщо поверхні контактуючих витків стрічки у бобінах прилягають ідеально без зазорів, то переміщення зовнішньої поверхні i -го витка j -ї бобіни $U_{z,i}$ дорівнює переміщенню внутрішньої поверхні $(i+1)$ витка $U_{b,j(i+1)}$ бобіни, тобто $U_{z,i} = U_{b,j(i+1)}$ (рис. 1). У реальних бобінах контакт сусідніх витків стрічки дискретний. Приймаємо, що ступінь нещільності прилягання контактуючих поверхонь витків стрічки визначається величиною δ_j (відстань між лініями впадин профілю шорсткості контактуючих поверхонь) і характеризує середнє значення зазору між витками, яке залежить від шорсткості паперу і тиску між витками [2]. Зазори можуть бути різними для кожної з j -ї бобін, що зумовлено нерівномірністю натягу стрічки паперу вздовж осі. Це досить часто наявне при намотуванні бобін і зумовлюється, наприклад, такими причинами: непаралельністю паперовідних валків, нерівномірністю натиску в друкарській парі та ведучих валах, наявністю одностороннього гальмуючого пристрою на розмотці рулону, конструкцією намотуючого пристрою.

Під час намотування стрічок паперу внаслідок наявності натягу відбувається деформація витка та незначне відносне проковзування одного витка відносно іншого, що призводить до змінання мікроповерхностей стрічки, яка закріплюється контактним тиском, витки зближаються.

На основі рис. 2 запишемо умову спряження контактуючих поверхонь витків стрічки для довільної бобіни [2]

$$U_{zji} = \hat{\delta}_{ji} + U_{bj(i+1)} - \delta_{ji}, \quad (1)$$

або

$$U_{zji} = U_{bj(i+1)} + \Delta\delta_{ji}, \quad (2)$$

де $\Delta\delta_{ji} = \hat{\delta}_{ji} - \delta_{ji}$ — зближення поверхонь в j -й бобині.

Переміщення U_j -поверхонь витків у j -й бобині запишемо через радіус r_j витка та радіус r_j після деформації стрічки j -ї бобини (рис. 2).

$$U_{bj(i+1)} = r_{bj(i+1)} - r_{bj(i+1)}; \quad U_{zji} = r_{zji} - r_{zji}. \quad (3)$$

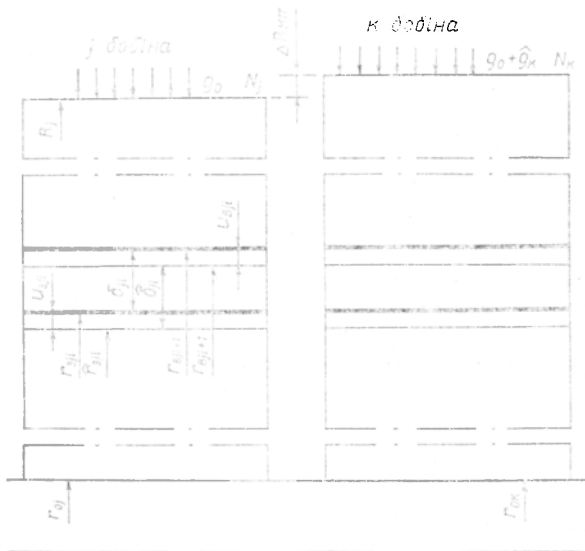


Рис. 2. Схема для розрахунку пружного стану бобин.

На основі умови спряження (2) із (3) [2] одержано рівняння, яке зв'язує тиски $\underline{g}_i$ на поверхнях контакту сусідніх витків $\underline{g}_{j(i+1)}$ і дає змогу визначити тангенціальне (колове) напруження σ у витках для різних режимів намотування [2]. Розрахунок пружно-деформованого стану бобин складний і ведеться з використанням ЕЦОМ, тому може проводитися тільки в окремих випадках [3].

Розглянемо спрощені моделі розрахунку пружно-деформованого стану групи бобин, які намотуються на оправки, що знаходяться на спільному валі, з умови відсутності проковзування між оправками, куди намотуються бобини і приводним валом намотувального пристрою (відсутнє проковзування між бобинами).

Визначимо приріст Δr_{ji} радіуса одного i -го витка j -ї бобини після деформації

$$\Delta r_{ji} = h_{ji} + \hat{\sigma}_{ji}, \quad (4)$$

де h_{ji} — товщина стрічки j -ї бобіни.

Якщо в бобіні є N_j витків, то радіус R_j намотаної бобіни

$$R_j = r_{0j} + \sum_{i=1}^{N_j} (h_{ji} + \delta_{ji}), \quad (5)$$

де r_{0j} — радіус оправки, на яку намотується бобіна.

На основі (5) визначимо приріст ΔR_{km} радіуса довільних двох бобін

$$\Delta R_{km} = R_k - R_m = \sum_{i=1}^{N_k} (h_{ki} + \hat{\delta}_{ki}) - \sum_{i=1}^{N_m} (h_{mi} + \hat{\delta}_{mi}). \quad (6)$$

Якщо бобіни намотуються без відносного проковзування між собою, то загальне число витків усіх бобін рівне, тобто $N_k = N_m = N$. Приймаючи радіуси оправок і товщину стрічки у всіх бобінах однаковими, одержуємо

$$\Delta R_{km} = \sum_{i=1}^{N_j} \Delta \delta_{kmi}, \quad (7)$$

де $\Delta \delta_{kmi}$ — зближення поверхонь витків бобін.

Якщо умови намотування абсолютно однакові для всіх бобін, то радіальне g_0 і колове σ_0 напруження у всіх бобінах теж рівні. За різних умов намотування виникають додаткові прирости напружень, які можна оцінити приростом ΔR_{km} радіусів відповідних бобін і записати сумарні напруження

$$g_{km} = g_0 + \hat{g}_{km}; \quad \sigma_{km} = \sigma_0 + \hat{\sigma}_{km}, \quad (8)$$

де $\hat{g}_{km}$ і $\hat{\sigma}_{km}$ — оціночні прирости напружень, що мають таку властивість:

$$\lim_{\Delta R_{km} \rightarrow 0} (\Delta g_{km} - \hat{g}_{km}) = 0, \quad \lim_{\Delta R_{km} \rightarrow 0} (\Delta \sigma_{km} - \hat{\sigma}_{km}) = 0,$$

де Δg_{km} і $\Delta \sigma_{km}$ — дійсні прирости напружень.

Відзначимо, що на відміну від закону Гука оцінки приросту напруження $\hat{g}_{km}$ і $\hat{\sigma}_{km}$ можуть бути додатними або від'ємними. Знак напружень визначається знаком приросту ΔR_{km} радіуса.

Визначимо наближене видовження стрічки, зумовлене приростом радіуса бобін

$$\Delta L_{km} = 2\pi R_{ck} \Delta n_{km}, \quad (9)$$

де R_{ck} — середній радіус приросту бобін; Δn_{km} — число витків, які знаходяться в зоні приросту ΔR_{km} радіуса бобін,

$$\Delta n_{km} = \frac{\Delta R_{km}}{h_j}. \quad (10)$$

Після підстановки (10) в (9) одержуємо

$$\Delta L_{km} = 2\pi R_{ck} \frac{\Delta R_{km}}{h_j} . \quad (11)$$

За аналогією з (11) запишемо наближено довжину L_j стрічки у бобінах

$$L_j = 2\pi \frac{R_j - r_{oj}}{2} \cdot \frac{R_j - r_{oj}}{h_j} . \quad (12)$$

Оцінка приросту колового напруження при умові, що деформація стрічки підлягає закону Гука,

$$\hat{\sigma}_{km} = \frac{\Delta L_{km}}{L_j} E_t = \frac{2R_{ck} \Delta R_{km}}{(R_j - r_{oj})^2} E_t, \quad (13)$$

де E_t — модуль пружності витків стрічки в коловому напрямку.

Таким чином можна визначити оцінку приросту напружень, маючи тільки геометричні розміри бобін.

Оціночне значення приросту радіального напруження запишемо як

$$\hat{g}_{km} = \frac{\Delta R_{km}}{R_j} E_r, \quad (14)$$

де E_r — модуль пружності витків стрічки в радіальному напрямку.

Під час намотування бобін найбільше зусилля виникає в бобіні зі сторони гальмівного пристрою на заправці. Процес намотування контролюється і підтримується максимальним значенням зусилля натягу на першій бобіні, яку вважатимемо базовою. Отже, базова бобіна матиме найменший номінальний радіус і в ній найбільші напруження. Напруження в інших бобінах менші від напружень у базовій бобіні, а радіуси — більші. Тому доцільно вести порівняння напружень у бобінах з базовою. Відзначимо, що при цьому прирости напружень (13) і (14) від'ємні.

Таким чином, вимірюючи радіус бобіни, відносно просто можна визначати оцінки приросту напружень у бобінах, проводити об'єктивний технічний оціночний контроль порівняно з базовою бобіною, а також контроль якості намотаних бобін за різницею радіусів.

Список літератури: 1. Березин Б. Н. Полиграфические материалы. — М.: Книга, 1981. — 430 с. 2. Мазур В. Л. Производство листа с высококачественной поверхностью. — К.: Техніка, 1982. — 166 с. 3. Мазур В. Л., Тилюшенко В. Н. Напряженно-деформированное состояние рулонов холоднокатаных полос. — Изв. вузов. Черная металлургия, 1979, № 4, с. 55—59; № 6, с. 52—55.

The paper deals with the simplified models of calculating elasticity and deformed state of bobbin groups wound round the mandrel mounted on the common shaft. By changing bobbin radii, one could determine tension increments in bobbins, as well as control the quality of windings.

Стаття надійшла до редколегії 12. 04. 84