

Способи нормування точності та дисбалансів бобінотримачів механізмів для намотування хімічних ниток

Recommendations on precision and residual disbalance normalizing in bobbin-holder correction planes of chemical fibre winding machine are given. Recommendations on carrying out bobbin-holder dynamic balancing are devised.

Високошвидкісні механізми для намотування хімічних ниток є складними механічними системами, що мають в своєму складі ротори, робочі кутові швидкості яких знаходяться за їх критичними значеннями.

Одним з найважливіших роторів механізму є бобінотримач, незрівноваженість якого є важливим чинником, що впливає на віброактивність та надійність, як ротора, так і механізму в цілому.

Для чинників, що мають значний вплив на динамічні характеристики бобінотримачів, потрібно провадити нормування основних параметрів з врахуванням пружних властивостей роторів та їх кріплення у механізмі.

Бобінотримачі механізмів для намотування ниток мають конструктивні та технологічні особливості, що відрізняють їх від інших роторів та суттєво впливають на стабільність динамічних характеристик ротора та механізму.

До таких чинників належать:

- ◆ Зниження числа обертів бобінотримачів, що з початку напруцювання пакування до закінчення знижується в 2-3,5 рази, з метою забезпечення постійної лінійної швидкості намотування нитки за увесь цикл напруцювання пакування
- ◆ Випадкове розміщення на оправці бобінотримачів нитконосців з випадковими відхиленнями їх геометричних параметрів, що призводить до намотування пакування на неконтрольовану ексцентричну поверхню нитконосців та виникнення непередбачуваного дисбалансу роторів
- ◆ Збільшення маси пакування до кількох десятків кілограмів, що переважає масу порожньої оправки бобінотримачів в 2-3 рази, та веде до значного збільшення дисбалансу ротора

Сучасні високошвидкісні бобінотримачі належать до «квазіжорстких» роторів, що дає змогу провадити їх балансування, як жорстких, згідно з ГОСТ 22061-76, проте визначити величини допустимих дисбалансів в площинах корекції необхідно з урахуванням пружних властивостей механічної системи відповідно до ГОСТ ІСО 11342-95, де наведено методи та критерії балансування гнучких роторів.

Максимальне значення результуючого питомого статичного (ϵ) та моментного (γ) дисбалансів бобінотримача, що виникають під час напруцювання пакування можна наближено оцінити з таких виразів:

$$\epsilon = \frac{M_o e_o + M_n e_n + M_t e_t}{M_o + M_n + M_t}, \quad \gamma = \frac{(A_o - C_o) \gamma_o + (A_n - C_n) \gamma_n + (A_t - C_t) \gamma_t}{(A_o + A_n + A_t) - (C_o + C_n + C_t)}, \quad (1)$$

де M, A, C — відповідно маса, екваторіальний та полярний момент інерції фізичного тіла (індекс o належить до оправки бобінотримача, індекс n — до нитконосця; індекс t — до пакування);

e_o, γ_o — питомий статичний та моментний залишкові дисбаланси оправки бобінотримача;

e_n, γ_n — питомий статичний та моментний дисбаланси нитконосця, що виникли внаслідок зміщення його механізмом фіксації;

e_t, γ_t — питомий статичний та моментний дисбаланси пакування, що виникли внаслідок намотування нитки на ексцентричну поверхню нитконосця.

В реальних намотувальних роторах основні чинники мають такі оцінки:

- ✓ Залишковий дисбаланс оправки бобінотримача для третього класу точності балансування до 1000 рад/с не перевищує $e_o = 5$ мкм
- ✓ Максимальна похибка дії механізму фіксації досягає $e_n = 50$ —100 мкм
- ✓ Максимальна похибка форми зовнішньої поверхні нитконосців досягає $e_t = 50$ —75 мкм

Співставляючи величини складових результуючого значення питомого дисбалансу, бачимо, що основним чинником виникнення дисбалансу в бобінотримачі є механізм фіксації та відхилення форми зовнішньої поверхні нитконосця.

Реальна величина найбільшого можливого значення вектора дисбалансу ротора визначається як середньоквадратичне значення максимальних значень модулів складових векторів дисбалансів.

Враховуючи, що вектори складових дисбалансів є випадкові величини, що підпорядковуються певним законам розподілення випадкових величин, визначення питомого дисбалансу ротора можливе тільки під час визначення цих законів. Відомо, що технологічні похибки виготовлення та складання підпорядковуються розподіленню Релея, а похибки розміщення нитконосців на оправці — переважно нормальному закону [2]. Знання законів розподілення випадкових величин дає змогу зробити наближену теоретичну оцінку детермінованих значень параметрів дисбалансів ротора.

Величина питомого дисбалансу, що виникає під час напруцювання пакування, має не перевищувати допустимого рівня дисбалансу бобінотримача, що визначається надійністю ротора, його віброакустичними характеристиками та залежить від динамічних властивостей ротора.

Зважаючи на переважаючий вплив механізму фіксації та нитконосця на рівень дисбалансу бобінотримача допустимий рівень дисбалансу ротора необхідно використати для нормування точності дії механізму фіксації нитконосців та похибки форми зовнішньої поверхні їх.

На стадії проектування роторів, через велику похибку під час теоретичного визначення амплітуд коливань ротора (критеріїв якості), пов'язаною з невизначеністю дисипативних характеристик ротора в цілому, призначення допустимих дисбалансів оправки ротора ускладнено.

Практика проведення балансувальних робіт бобінотримачів та їх експлуатація свідчать, що для визначення величини допустимого дисбалансу оправки бобінотримача можливе використання рекомендацій ГОСТ 22061—76 у разі віднесення бобінотримачів до третього класу точності балансування при кутовій робочій швидкості до 400 рад/с, та до другого класу точності — при перевищенні цієї швидкості.

Для розрахунку допустимого питомого дисбалансу необхідно брати два крайні випадки напруцювання пакування:

- Максимальну кутову швидкість ротора та мінімальну масу пакування, що відповідає початку напруцювання пакування
- Мінімальну кутову швидкість ротора та максимальну масу пакування, що відповідає завершенню напруцювання пакування

Для нормування використовують випадок з більш жорсткими вимогами.

Технологічним дисбалансам запобігають завдяки зменшенню допустимого дисбалансу на величину не менше половини поля відповідного класу точності.

Під час вибору маси ротора необхідно враховувати, що збільшення маси пакування призводить не тільки до збільшення дисбалансу, а й до переміщення критичних швидкостей відносно кутових швидкостей, що змінює динамічні властивості механічної системи і потребує додаткової перевірки коефіцієнта динамічності системи.

Розподілення дисбалансів за площинами корекції з урахуванням пружних властивостей механічної системи можна здійснити пропорційно податливості механічної системи в площинах корекції [2] або пропорційно відстані площин корекції до центра коливань бобінотримача μ_1 за першою формою, що є більш близькою для переважної більшості бобінотримачів:

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{\mu_1 + a_1}{\mu_1 - a_2}, \quad (2)$$

де μ_1 — відстань до центра коливань за першою формою коливань.

Відстань до центра коливань, що здійснюється за першою формою може бути знайдена як коефіцієнт форми коливань:

$$\mu_1 = \frac{m_2}{m_1 - M\omega_1^2} = \frac{m_2 + (C - A)\omega_1^2}{m_2}, \quad (3)$$

де m_1, m_2, m_3 — коефіцієнти жорсткості механічної системи в центрі мас ротора;

M, C, A — відповідно маса, полярний та екваторіальний моменти інерції оправки бобінотримача з пакуванням;

ω_1 — значення першої критичної швидкості.

Для якісного балансування бобінотримачів необхідно на заключному етапі провести додаткове балансування ротора, встановленого у механізмі, за площиною найбільш чутливою до дисбалансу, найвіддаленішою від центра коливань, за відповідною формою коливань.

Список літератури

1. Акимов О.О. Нормування дисбалансів та балансування електрошпінделів апаратів для намотування скляного волокна. // Легка промисловість. — 2001. — №3. — С.62.
2. Точность производства в машиностроении и приборостроении / Под ред. А.Н. Гаврилова. — М.: Машиностроение, 1973. — 567 с.

Одержано 21.02.2002