

забезпечує підвищення конкурентоспроможності, гнучкості виробництва та якості продукції. Комплексний підхід до модернізації, що включає автоматизацію, енергозбереження та цифровізацію, дозволяє малим підприємствам ефективно конкурувати на ринку та відповідати сучасним вимогам харчової безпеки та екологічності виробництва.

Успішна реалізація проектів модернізації вимагає ретельного аналізу специфіки виробництва, обґрунтованого вибору пріоритетних напрямків вдосконалення та залучення кваліфікованих спеціалістів на всіх етапах від проектування до введення в експлуатацію. За таких умов розширення технологічних можливостей стає надійною основою для сталого розвитку підприємства.

Література

1. Єресько Г. О., Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання молочних виробництв : навч. посіб. Київ : ІНКОС, 2007. 344 с.
2. Шинкарик М. М., Ворощук В. Я. Технологічне обладнання консервної промисловості : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 284 с.
3. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2023. 164 с.

УДК 621.9

Р.Ю. Кружилка; В.А. Лясота

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ВИМОГИ ДО КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШПИНДЕЛЬНИХ ВУЗЛІВ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІ

R.Yu. Kruzhilk; V.A. Lyasota

REQUIREMENTS FOR THE DESIGN AND OPERATION OF SPINDLE UNITS OF MILLING MACHINES

Шпиндельний вузол верстата є одним із надважливих виконавчих органів верстата, який забезпечує як і кількісні так і якісні характеристики в процесі обробки і складається зі шпинделя, його опор, приводного механізму. У конструкції шпинделя розрізняють передній кінець та міжопорну ділянку.

На шпиндель діють навантаження, викликані силами різання, силами в приводі, а також відцентровими силами, що виникають через незбалансованість деталей шпиндельного вузла. Проектування вузла включає: вибір типу приводу, опор, пристроїв для їхнього змащування і захисту від забруднень, а також визначення діаметра шпинделя, відстані між опорами і розробку конструкції всіх елементів.

Шпиндельні вузли мають відповідати вимогам:

1. Точність обертання шпинделя, що характеризується радіальним і осьовим биттям переднього кінця, впливає на точність оброблюваних деталей. Допустиме биття шпинделя універсальних верстатів має відповідати існуючим стандартам. Биття шпинделя спеціальних верстатів не перевищувати 1/3 допуску на лімітуючий розмір, обробленої на верстаті деталі.

2. Жорсткість шпиндельного вузла характеризується його деформаціями під дією навантажень. Допустима мінімальна жорсткість переднього кінця шпинделя верстатів складає 200 Н/мкм, а прецизійних – 400 Н/мкм. Допустимий кут повороту шпинделя в передній опорі приймається рівним 0,0001...0,00015 рад. Кут повороту шпинделя під приводним зубчастим колесом допускається від 0,00008 до 0,0001 рад., а прогин у цьому місці не повинен перевищувати 0,01*m* (*m* – модуль зубчастого колеса). Вимоги щодо

жорсткості шпинделя можна виразити по іншому. Для забезпечення працездатності опор (підшипників) шпиндельного вузла необхідно забезпечити співвідношення між діаметром d шпинделя і міжопорною відстанню l : $d \geq \sqrt[4]{(0,05 \dots 0,1)l^3}$. Допустиме радіальне переміщення переднього кінця шпинделя під дією навантаження має не перевищувати 1/3 допуску на розмір оброблюваної деталі.

3. Температурні деформації шпиндельного вузла впливають на точність обробки і працездатність опор. Припустимо нагрівання зовнішнього кільця підшипника зв'язаний із класом точності верстата так, наприклад, для верстатів нормальної точності температура може складати і 70°C, а для верстатів високої точності – 8...20°C.

Для передачі крутного моменту на шпиндель застосовують зубчасту або пасову передачі. Також у верстатах використовують так звані мотор-шпинделі. В особливо високоточних верстатах застосовують головний привід з відділенням від шпиндельної бабки регульованим електродвигуном.

Для мінімізації передачі вібрацій від електродвигуна на шпиндель, застосовують так званий інерційний привід, який дозволяє розганяти шпиндель до робочої швидкості, після чого двигун відключається від приводу. Обробка деталі відбувається після вимикання двигуна приводу. Іноді для збільшення запасу кінетичної енергії на шпиндель насаджують маховик.

УДК 621.91

В.-Н.В. Кубах, О.В. Прокопів, А.О. Блащисин

(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ЗАВАЛЬЦЬОВУВАННЯ КУЛЬОК У ТОНКОСТІННІ ЦИЛІНДРИЧНІ ВТУЛКИ

V.-N.V. Kubah, O.V. Prokopiv, A.O. Blashchyshyn

THE STUDY OF THE PARAMETERS OF THE BALL-ROLLING PROCESS IN THIN- WALLED CYLINDRICAL BUSHINGS

Розроблено інструмент для завальцьовування кульок у тонкостінні циліндричні втулки, представлено його конструкцію. Проведено дослідження методом кінцевих елементів, як у статті [1] напружено-деформованого стану деталей інструмента при дії зусилля деформування тонкостінного циліндричного елемента заготовки в напрямку до поверхні кульки. Встановлено, що величини напружень та деформацій, що виникають у конічному ролику, на осі, на якій обертаються ролики та корпусі інструмента лінійно залежать від величини зовнішньої нормальної та тангенціальної сил деформування циліндричної поверхні заготовки.