

Застосування посадок з гарантованим натягом

Власдислав Горбачик, Олексій Коваленко,
здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Осипчук Андрій,
здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія
ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж МНАУ»
м. Миколаїв, Україна

Анотація: розглянуто особливості застосування посадок з натягом для утворення нерухомих нероз'ємних з'єднань деталей машин. Показано, що відносна нерухомість деталей забезпечується за рахунок контактних напружень, які виникають унаслідок деформації поверхонь під час складання. Проаналізовано фактори, що впливають на міцність і надійність таких з'єднань, зокрема матеріал і розміри деталей, шорсткість контактних поверхонь, величину натягу та спосіб складання. Розглянуто умови передачі крутного моменту через з'єднання вал–маточина та наведено залежність для оцінювання зниження міцності з'єднання через співвідношення згинального та крутного моментів.

Ключові слова: посадки з натягом, нероз'ємні з'єднання, вал-маточина, крутний момент, контактні напруження, коефіцієнт запасу зчеплення, складання під пресом.

Посадки з натягом призначені для створення нерухомих нероз'ємних з'єднань, де стабільна фіксація деталей досягається завдяки внутрішнім напруженням у матеріалі, що виникають унаслідок пружної деформації контактних поверхонь під час їх складання. У випадках, коли необхідно передавати значні крутні моменти, для додаткового розвантаження поверхонь тертя застосовують допоміжні кріпильні елементи, такі як шпонки, гвинти або штифти. При однаковому значенні натягу загальна міцність вузла визначається комплексом факторів: властивостями матеріалів, геометричними розмірами деталей, якістю обробки (шорсткістю) поверхонь, а також технологічними особливостями складання, наприклад, швидкістю запресовування. Популярність таких з'єднань, зокрема у сучасному виготовленні редукторів, пояснюється простотою виготовлення деталей, високою точністю центрування коліс на валах та значною навантажувальною здатністю, що компенсує навіть високу концентрацію напружень у зоні контакту. Під час експлуатації, при передачі крутного моменту або осьової сили, у стику між маточиною та валом виникають дотичні деформації, зумовлені як загальною піддатливістю деталей, так і мікродеформаціями безпосередньо в зоні контакту. Для розрахунків суцільного

вала діаметром d напруження вигину в його поверхневих шарах від дії згинального моменту визначаються через момент опору перерізу, $M_{зг}$: $\sigma_{зг} = M_{зг} / (\pi d^3 / 32)$, а дотичні напруження необхідні для передачі заданого крутного моменту T при рівномірному розподілі по довжині стику l , розраховуються за формулою T : $\tau = 2T / (\pi d^2 l)$.

Вказане вище відношення $\sigma_{зг} / \tau$ визначається як:

$$16M_{зг}l / (Td), \quad (1)$$

де $M_{зг}$ – згинальний момент вала біля торця маточини з того її боку, де вал працює на кручення; l – довжина з'єднання з натягом; T – крутний момент; d – діаметр посадочної поверхні вала.

Показник, визначений співвідношенням (1), відображає ступінь зниження міцності з'єднання, а для вибору оптимального коефіцієнта запасу зчеплення рекомендується орієнтуватися на графічну залежність (рис. 1), що враховує це відношення. У практичних розрахунках орієнтовні значення коефіцієнта запасу k становлять: для проміжних валів редукторів — від 4 до 5; для вихідних валів, на консолі яких розміщено зірочку ланцюгової передачі або шків, — від 4 до 4,5; а у випадках, коли на консолі вихідного вала встановлена муфта, значення k зазвичай приймають у межах 3–3,5.

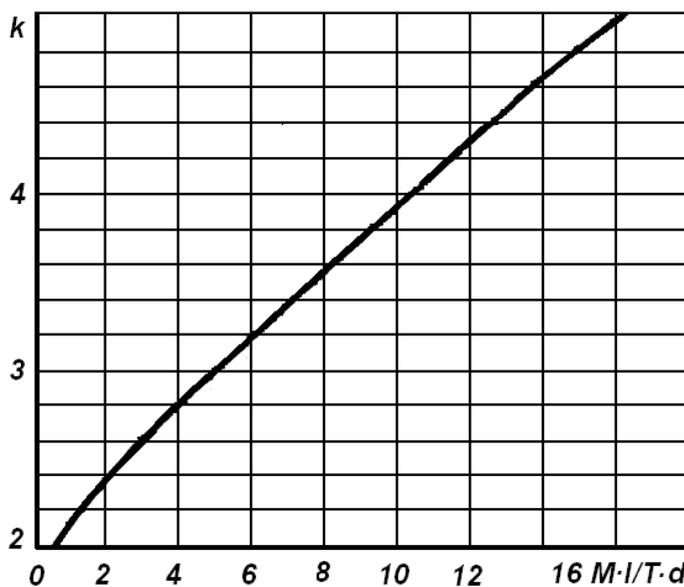


Рис. 1. Графік для визначення коефіцієнта запасу зчеплення

Формування з'єднань із натягом реалізують кількома методами: механічним запресовуванням за нормальної температури, термічним способом (нагрівання охоплюючої або охолодження охопленої деталі), комбінованим впливом температур або гідропресуванням. Вибір конкретної технології залежить від конструктивних особливостей вузла, зокрема його форми та габаритів. Найбільш поширеним і технічно простим є

складання під пресом, яке доцільне при незначних натягах (до $0,001d$), проте воно має недоліки у вигляді ризику пошкодження поверхонь, нерівномірної деформації та потреби у потужному обладнанні. Натомість термічний метод забезпечує вищу якість з'єднання завдяки мінімізації механічних пошкоджень і ефективний як при малих, так і при великих натягах. Якщо ж одного температурного впливу недостатньо, застосовують комбінований підхід, одночасно охолоджуючи вал та нагріваючи отвір. При цьому важливо дотримуватися критичних температурних меж, щоб не змінити механічні властивості металу: нагрівання обмежують позначкою $+250^\circ\text{C}$, а охолодження

рідким повітрям - до -190°C . Оскільки на надійність посадки впливає велика кількість змінних, у відповідальних конструкціях вибір параметрів варто підтверджувати експериментально. Правильно підібрана посадка має гарантувати абсолютну нерухомість з'єднання при мінімальному розрахунковому натягу та забезпечувати міцність деталей без їх руйнування від внутрішніх напружень при максимальному натягу.

Найбільш поширеним методом монтажу коліс на вали для створення з'єднань із натягом є попереднє нагрівання колеса. Залежно від величини натягу та умов експлуатації виділяють кілька груп посадок. Зокрема, посадки типу Н/р та Р/н вирізняються стабільним гарантованим натягом і високою точністю виготовлення (4–6 квалітети для валів та 6–7 для отворів). Їх доцільно використовувати при незначних крутних моментах T або осьових силах F_a , а також для прецизійного центрування масивних деталей, що працюють у режимі високих обертів чи значних навантажень.

Посадки груп Н/г, Р/н, Н/с, S/h та Н/т, Т/н забезпечують помірний натяг у діапазоні 0,0002–0,0006 від номінального розміру. Вони дозволяють передавати середні за величиною навантаження без використання допоміжних фіксаторів і зазвичай виконуються за 5–7 квалітетами для валів та 6–7 для отворів. Типовими прикладами застосування таких з'єднань є встановлення зубчастих коліс на проміжних валах коробок передач вантажівок або монтаж шестерень масляних насосів тракторів, де для підвищення надійності часто передбачають додаткове шпонкове кріплення.

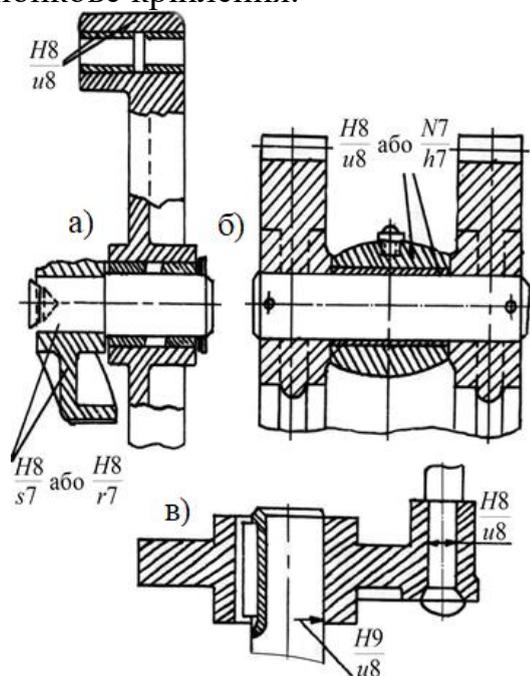


Рис. 2. Приклади застосування посадок з натягом [2]: а) – важіль приводу зернозбирального комбайну; б) – кривошипні шестірні сінного преса; в) – кривошип косарки для косозубого

Посадки типів Н/у (U/h), Н/х та Н/з вирізняються значними величинами натягу, що зазвичай становлять від 0,001 до 0,002 від номінального розміру. Такі з'єднання розраховані на роботу в умовах суворих динамічних навантажень і, як правило, не потребують використання додаткових фіксаторів чи кріпильних елементів. Виготовлення деталей за цими посадками найчастіше здійснюється за 6-м або 7-м квалітетами точності. Типовими прикладами їх застосування в агротехніці та тракторобудуванні є монтаж втулок поворотних кулаків тракторів або втулок важелів механізмів очищення в зернозбиральних комбайнах. Наочні приклади впровадження таких рішень у сільськогосподарському машинобудуванні схематично

циліндричного і прямозубого
конічного коліс

відображені на відповідних
графічних матеріалах (рис. 2).

Список використаних джерел:

1. Іванов Г. О., Шибанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань : підручник / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна [вид. перероб. і допов.]. Миколаїв : МНАУ, 2016. 412 с.

2. Іванов Г. О., Шибанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підручник для студ. вищ. навч. закл. освіти / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. Миколаїв: МНАУ, 2016. 428 с.

3. Batsurovska, I.V., Dotsenko, N.A., Gorbenko, O.A., Polyansky, P.M. and Ivanov, G.O., 2024. Pedagogical technologies for teaching environmental engineering in the online learning system of higher education institution. Educational Dimension [Online]. Available from: <https://doi.org/10.55056/ed.806> [Accessed 27 November 2024].

4. Ivanov Gennady. Calculation of failure probability of ship diesels in conditions of operation / Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Науковий журнал. Том 26, № 4. МНАУ, м. Миколаїв. 2022. Р. 62–72. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11982>.

5. Kernytskyu I, Hlinenko L, Yakovenko Y, Horbay O, Koda E, Rusakov K, Yankiv V, Humenuyk R, Polyansky P, Berezovetskyi S, Kalenik M, Szlachetka O. Problem-Oriented Modelling for Biomedical Engineering Systems. Applied Sciences. 2022; 12(15):7466. <https://doi.org/10.3390/app12157466>.

6. Kernytskyu, I.; Volchenko, A.; Szlachetka, O.; Horbay, O.; Skrypnyk, V.; Zhuravlev, D.; Bolonnyi, V.; Yankiv, V.; Humenuyk, R.; Polyansky, P.; Leśniewska, A.; Walasek, D.; Koda, E. Complex Heat Exchange in Friction Steam of Brakes. Energies 2022, 15, 7412. <https://doi.org/10.3390/en15197412>.

Abstract: *the features of the use of interference fits for the formation of fixed, non-separable connections of machine parts are considered. It is shown that the relative immobility of parts is ensured by contact stresses that arise due to deformation of surfaces during assembly. The factors that affect the strength and reliability of such connections are analyzed, in particular, the material and dimensions of the parts, the roughness of the contact surfaces, the amount of tension and the method of assembly. The conditions for torque transmission through the shaft-hub connection are considered and the dependence for assessing the reduction in the strength of the connection due to the ratio of bending and torque moments is given.*

Keywords: *interference fit, non-separable connections, shaft-hub, torque, contact stresses, friction coefficient, press assembly*

Наукові керівники:

Іванов Г.О.,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін,