

УДК 687.054; 621.71.08

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІЦНОСТІ ТА РЕМОНТОЗДАТНОСТІ З'ЄДНАНЬ З НАТЯГОМ В ОБЛАДНАННІ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

В.М. ПАВЛЕНКО, І.В. ПЕТКО

Київський національний університет технологій та дизайну

*Показано принципову можливість підвищення міцності та ремонтоздатності складаних одиниць машин легкої промисловості*

### **Об'єкти та методи дослідження**

У машинах і апаратах легкої промисловості широко використовуються складані одиниці для перетворення обертального руху валу приводу в зворотно-поступальний рух робочого механізму. Основою таких складаних одиниць є кривошипно-шатуневий механізм, який знаходиться під дією значних динамічних навантажень.

Так, наприклад, в пресах волого-теплової обробки з пневматичним приводом рухомої подушки фірм VEIT, LASTAR, Stirovar, PONY, Rotondy, JACK, тощо, для створення робочих притискних зусиль між матеріалом і подушками застосовується повітря, стиснене в пневмосистемі за допомогою поршневих компресорів, складовою частиною яких є кривошипно-шатуневий механізм. Також для виробництва валеного взуття використовується двомолотова машина МВ-3, в якій для надання молотам гойдального руху використовуються, як і в прямопривідних поршневих компресорах пресів ВТО, складані колінчасті вали.

Для індивідуальної комплектації машин легкої промисловості використовуються малогабаритні, прямопривідні, масляні або безмасляні (для пароманекенів, пресів ВТО), з невеликим ресивером (24 ÷ 50л) поршневі компресори, відмінною особливістю яких є прямий привід кривошипно-шатунного механізму двох типів виконання (рис.1.): складаний кривошип (рис. 1а) і складаний колінчастий вал (рис. 1б).

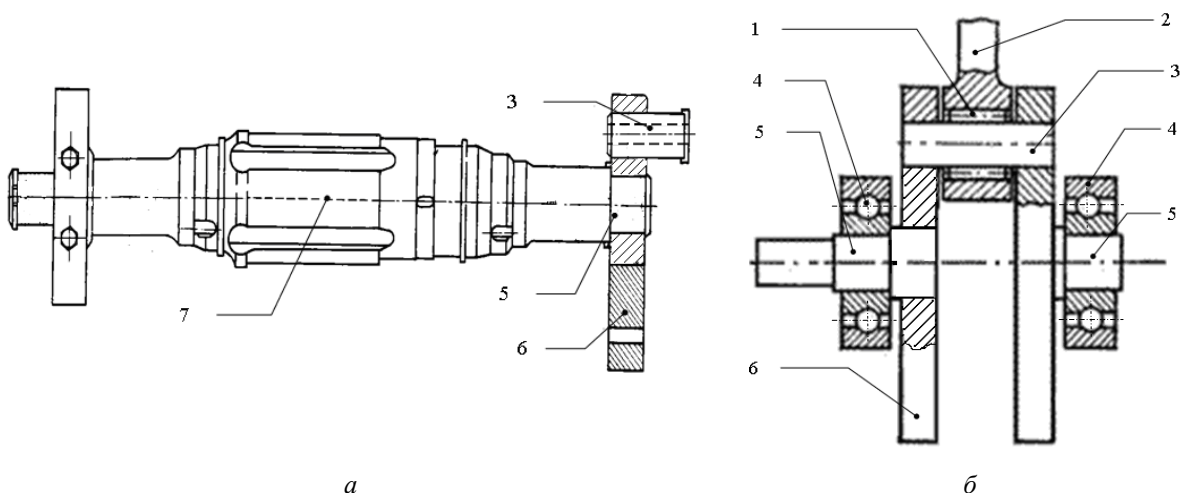


Рис.1 Конструкції з'єднань з натягом у машинах легкої промисловості:

1 – голчаті підшипники кочення; 2 – шатун; 3 – шийка (палець) шатуна; 4 – підшипники; 5 – корінна шийка; 6 – противага; 7 – електродвигуна

Тому що колінчасті вали знаходяться під великим динамічним навантаженням і передають значні крутні моменти, для забезпечення працездатності й унеможливлення зрушення цапф відносно пальця застосовуються посадки зі значними натягами.

#### **Постановка завдання**

Для складання цих валів в машинах легкої промисловості, як правило, застосовуються посадки з діапазоном діаметрів 18-30 мм та діапазоном натягів 120-175 мкм відповідно, що приводить до виникнення пружно-пластичних деформацій в зоні контакту. Як показали дослідження [1] деформації в зоні контакту можуть привести і до зміни форми валу поза зоною контакту.

#### **Результати та їх обговорення**

Тому що запресований палець 3 (рис.1) служить внутрішньою доріжкою голчастого роликотідшипника нижньої шийки шатуна, зміна його геометричних форм (відхилення від циліндричності) приводить до дискретності контакту голок з доріжкою. В умовах дискретності контакту голки під дією динамічних зусиль прогинаються, що приводить до передчасного зносу пари вал-підшипник. Для забезпечення довготривалої працездатності пари вал-підшипник, вали виготовляються за 5 квалітетом точності, згідно з яким для діаметрів 18-30 мм, допустимі відхилення від циліндричності повинні знаходитися в межах  $2\div 5$  мкм [2].

При цьому, за даними [3], у кільцях підшипників класу точності 5 діаметром до 250 мм параметр шорсткості  $R_a$  повинен бути в межах 0,63-0,32 мкм. Особливе значення має шорсткість поверхні доріжок кочення: зменшення параметра шорсткості  $R_a$  з 0,32-0,16 мкм до 0,16-0,08 мкм підвищує ресурс підшипників більш ніж у два рази, а подальше зменшення параметра шорсткості  $R_a$  до 0,08 - 0,04 мкм - ще на 40%. Якщо після складання кривошипа з'являться відхилення від циліндричності поверхні пальця 3 (рис.1), це приводить до різкого зниження працездатності кривошипно-шатунного механізму.

Для забезпечення міцності складаних колінчастих валів і унеможливлення зрушення цапф відносно пальця застосовуються посадки з натягом  $\overset{I}{I} 8/u8$ ,  $\overset{I}{I} 8/x8$  та  $\overset{I}{I} 8/z8$ . При цьому, міцність з'єднання з натягом визначається величиною площі контакту з'єднаних деталей, коефіцієнтом тертя, шорсткістю контактуючих поверхонь та питомим тиском в зоні контакту. Застосування цих посадок дозволяє збільшити площу контакту за рахунок виникнення в зоні з'єднання деталей пружно-пластичних деформацій.

Проте, як показали дослідження [4], після складання виникають деформації валу не тільки в зоні контакту, а і поза нею, які перевищують в 2 – 3 рази допустимі, що приводить до дискретності контакту пари вал-підшипник.

Для запобігання виникнення деформації поза зоною контакту, нами запропоновано спосіб складання з'єднань з натягом, з введенням в зону контакту пластичного прошарку [5]. Спосіб складання проводиться в 2 етапи:

- на першому етапі в охоплюючу втулку вільно встановлюють пластичну тонкостінну втулку з технологічним зазором, який вибирається деформуючою протяжкою, що формує первинний натяг;
- на другому етапі основну втулку разом з проміжною складають з валом.

При цьому способі складання, за рахунок вирівнювання концентраторів напружень, найбільш небезпечні окружні напруження зменшуються.

При впровадженні запропонованих технологічних процесів, з'являється можливість виключити операції фінішної доводки поверхні валу та сумістити операції механічної обробки й складання.

Перевірка отриманих значень окружних переміщень на поверхні вала після складання проведена нами методом тензометрування при порівнянні серійних конструкцій складаних колінчастих валів та конструкцій, складених запропонованим нами методом.

Деформації вільної від контакту частини пальця 3 (рис.1) кривошипа та складаного колінчатого вала після складання визначали методом тензометрування. Експеримент проводився через 48 годин необхідних для стабілізації внутрішніх напружень.

З метою врахування напружень, що виникають біля країв контактної поверхні валу, тензодатчики наклеювали вздовж осі валу через кожні 4 мм, починаючи від зони контакту, при цьому в кожному перерізі було встановлено 4 датчики через кожні  $90^\circ$ , що дало можливість охопити вимірюванням всю вільну від контакту поверхню валу.

Для одержання вихідної інформації використовувалася мостова схема вимірювання опорів з термостабілізацією, яка забезпечила підвищення точності вимірювання. Так, за рахунок температурної стабілізації, із зміною температури опір вимірювального і компенсаційного датчиків змінювався однаково і балансування моста не порушувалася, що дозволило отримати експериментальні дані із похибкою вимірювання в 1%.

Результати експериментальних досліджень відхилення від циліндричності валу складеного деформуючим протягуванням та порівняння його з серійним наведені на рис. 2 у відповідності з вимірюванням відхилення від циліндричності методом поперечних розрізів [6].

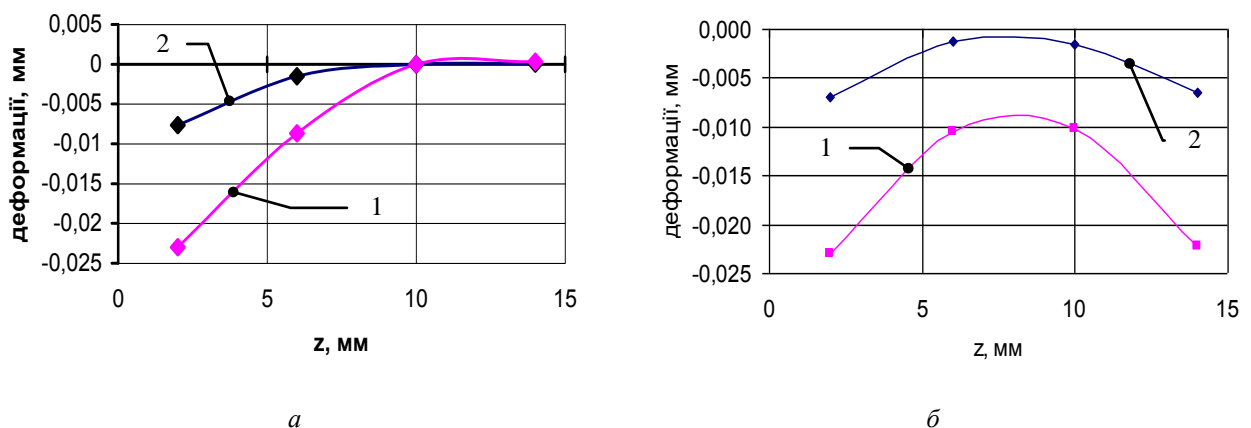


Рис.2. Результати досліджень відхилення від циліндричності валу поза зоною контакту з'єднань з натягом, складеними з використанням деформуючого протягування  
***a*** – деформації пальця нижньої шийки шатуна складаного кривошипа, ***б*** – деформації пальця нижньої шийки шатуна складаного колінчастого вала: ***1*** – деформації пальця при складанні серійного колінчастого вала; ***2*** – деформації пальця при складанні колінчастого вала з використанням деформуючого протягування

Як видно з рис. 2а деформації пальця кривошипа найбільші в перерізі  $z=2$  мм, причому для серійної конструкції вони складають 23 мкм (крива 1), а для запропонованої 7,5 мкм (крива 2). В наступних перерізах різниця деформацій в серійній і запропонованій конструкціях зменшується, і в точці  $z=10$ мм вони співпадають. Таким чином, деформації від запресування відбуваються на відстані одного радіуса від зони контакту.

Аналіз кривих 1 і 2 (рис. 2 б) практично повністю повторює висновки, отримані для пальця складаного кривошипа, різниця полягає в тому, що в складаному колінчастому валу запресування проводяться з обох боків.

Таким чином, наявність проміжної пластичної втулки в з'єднанні дозволили зменшити максимальні деформації валу поза зоною контакту в 3 рази з 23 мкм до 7,5 мкм. Це можна пояснити тим, що пластичні деформації, які виникають в зоні контакту, відбуваються, в основному, у проміжній втулці.

### **Висновки**

1. Запропоновано метод складання з'єднань з натягом з використанням деформуючого протягування, який забезпечує збільшення фактичної площі контакту за рахунок введення між контактуючими поверхнями проміжного пластичного тіла;
2. Експериментальна перевірка деформацій вільної від контакту частини валу при складанні колінчастих валів машин легкої промисловості запропонованим методом показала їх зменшення в три рази.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. В.М. Павленко Нормування пластичних деформацій валу поза зоною контакту в з'єднаннях з натягом. Л.В. Петко, М.П. Галушка/ Вісник КНУТД, 2010, №1, – с. 51–57.
2. ГОСТ 24643-81 Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Действующий от 01-07-1981, переиздан 05.08.2004, 10с
3. Якушев А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения/ А. И. Якушев, Л. Н. Воронцов, Н. М. Федотов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, – 1986. – 350 с.
4. Павленко В.М., Петко І.В., Головка Д.Б. Визначення впливу напружень та деформацій на якість з'єднань із натягом. Вісник КНУТД, – 2007, – №2, – 34 – 40.
5. Пат. 32918 Україна, МПК В23Р 11/02. Спосіб з'єднання деталей з натягом; Павленко В.М., Петко І.В.. Заявл.26.12.07; Опубл. 10.08.2008, Бюл. №11, – 2008.
6. Единая система допусков и посадок СЭВ в машиностроении и приборостроении: Справочник в 2 т..–2-е изд., перераб и доп. – М.: Издательство стандартов, 1989.– Т.2: Контроль деталей – 208 с.

Надійшла 03.02.2011