

жорсткості ТС для обробки тонкостінних оболонок різної форми та складності. В подальших дослідженнях необхідно розглянути використання складних гібридних магнітно-реологічних еластомерів в яких за параметри оптимізації можуть бути використано різне співвідношення між м'якими та твердими магнітореологічними фракціями.

Список посилань

1. Oliinyk S.Yu. Technological fixtures for machining of large-sized thin-walled shells of complex profile / S.Yu. Oliinyk, L.P. Kalafatova // Cutting & tool in technological system. – Kharkiv NTU «KhPI». – 2021. – №94, С. 28–41.
2. Patent US 2010/0164187 A1, B23 31/30 (2006.01), B23Q3/08 (2006.01). Adaptive design of fixture for thin-walled shell a cylindrical components / Zunmin Geng (Nottingham GB); assignee The University of Sheffield (Sheffield GB)/ - № PCT/GB2008/OO0T45; PCT Fled: Mar. 5, 2008; date Mar. 17, 2010, 12/529,834. – p.11.
3. Дущенко В.В. Застосування магнітореологічних еластомерів для керування характеристиками систем підресорювання колісних транспортних засобів / В. В. Дущенко, В. Г. Маслієв, Р.А. Нанівський, А. О. Маслієв // Електротехніка і Електромеханіка. – №5, 2019. – С. 50-59.
4. Anil K.Bastola. A review on magneto-mechanical characterizations of magnetorheological elastomers / Anil K.Bastola, Mokarram Hossain // Composites Part B: Engineering. – Volume 200, 1 November 2020. – P. 21.
5. Kallio M. The elastic and damping properties of magnetorheological elastomers / Kallio M. – VTT Publications, 2005. – 149 pp.

УДК 621.52

Юрковець В.І., аспірант
Вислоух С.П., канд. техн. наук, доцент
Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,
yurkovec.v@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВІСЕСИМЕТРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ ДЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ СХЕМИ ТИПУ «ВТУЛКА-ВАЛ»

Складання циліндричних з'єднань у приладобудуванні складає близько 40% усіх складальних операцій, при цьому автоматизація цього процесу залишається актуальною і для підвищення її ефективності все більше застосовуються роботизовані системи, в основі роботи яких закладено математичне моделювання процесу поєднання [1].

Більш ніж 80% робіт розглядають вертикальний процес складання для схем типу «вал-втулка», де вал закріплений в захваті маніпулятора і центрується відносно базової деталі (втулка). Відповідно для підвищення ефективності автоматизованого складання, доцільно застосовувати і схему поєднання «втулка-вал».

Відповідно, якість і надійність процесу автоматизованого складання залежить не тільки від механічних переміщень деталей відносно один одного, але й від схеми складання.

Для підвищення ефективності автоматизованого складання циліндричних деталей широко застосовують роботизовані системи, що керують процесом складання для різних схем складання за допомогою комп'ютерних програм, розрахованих на основі реального експеримента або на основі математичного моделювання процесу поєднання. Для вертикальних схем складання актуальною проблемою залишається зменшення сил взаємодії в точках контакту між деталями, які значно збільшуються при зменшенні кута між осями.

Дослідження процесу складання, при якому приєднувальній деталі (валу) задається крутний момент, було проведено в роботах [2], [3], в яких для спрощення розрахунків валу задають властивості гіроскопа, що не зовсім чітко відображає динаміку рух деталі.

В опублікованих роботах описується єдиний принцип вертикального поєднання деталей «вал-втулка», де «вал» є приєднувальною деталлю, а «втулка» – базовою. Проте для підвищення ефективності автоматизованого складання доцільно також виконати дослідження поєднання деталей типу «втулка-вал», де «втулка» – приєднувальна деталь, а «вал» – базова.

Тому метою даної роботи є моделювання процесу автоматизованого складання, шляхом визначенні мінімальних сил взаємодії в точках контакту між приєднувальною деталлю «втулка» і базовою «вал» із застосуванням крутного моменту для схеми одноточкового контакту деталей.

Розглядається процес поєднання вісесиметричних деталей з гарантованою щільною для вертикальної схеми складання, при якій вал закріплюється нерухомо у вертикальному положенні, а втулка центрується зверху, для цього їй задається необхідний рух для поєднання деталей між собою.

При автоматизованому складанні вісесиметричних деталей із гарантованою щільною використовувався метод осьового поєднання. Відносно позиціонування досягається завдяки забезпеченню деталей на позиції складання такого відносного розташування, при якому їх осі стають паралельними і знаходяться на відстані, що не перевищує половини гарантованої щільності $\delta = 0,5(D - d)$, де D – діаметр отвору втулки, d – діаметр валу.

Поєднання деталей при такій умові досягається за допомогою відносного поступового переміщення втулки, паралельно осі валу. Осьове з'єднання вимагає високої точності відносного позиціонування, а отже, високої точності складального устаткування. Осьове з'єднання в залежності від параметрів деталей і допуску в з'єднанні можливе при кутах перекосу, що становлять $0,1^\circ - 0,15^\circ$. З метою підвищення точності відносного позиціонування застосовуються фаски, та різноманітні уловлювачі. Проте у автоматизованому складанні, важко забезпечити паралельність осей приєднувальних деталей без маніпуляторів.

Відносно позиціонування деталей, при якому контакт між ними відбувається в одній точці між твірною валу і кромкою отвору втулки. Кут між осями деталей γ може бути будь-яким, проте величина занурення втулки на висоту валу l в процесі поєднання має бути достатньо малою і не повинна перевищувати значення $l = h \leq \sqrt{D^2 - d^2}$, де h – висота втулки, D – діаметр втулки, d – діаметр валу.

В іншому випадку, контакт між внутрішньої кромки втулки та твірною валу не можливий, а осі деталей не будуть паралельними.

При правильному відносному позиціонуванні деталей складальний рух втулки задається обертальним навколо осі, що проходить через точку контакту перпендикулярно площині симетрії деталей, і обертання триває до моменту, коли осі деталей стануть паралельними, й деталям надається відносний поступальний рух. У цих випадках заклинювання та пошкодження деталей виключено.

В результаті досліджень встановлено, що сили, які прикладені до втулки зі сторони маніпулятора, повинні забезпечити плоскопаралельний рух і крутний момент. Відповідно плоскопаралельний рух і крутний момент втулки, в процесі її поєднання з валом, можна описати системою диференціальних рівнянь Лагранжа, що складається з двох рівнянь: що визначають сил взаємодії в процесі плоскопаралельного руху і суму моментів діючих сил відносно миттєвого центру швидкостей.

Отримана закономірність процесу поєднання деталей в одно-точковому контакті при виконанні вертикального плоско-паралельного руху за схемою типу «втулка-вал» з ефектом обертання приєднувальної деталі. Схема диференціальних рівнянь дозволяє визначити значення сил в точках контакту, встановити степінь їх впливу на процес складання та відслідковувати процес поєднання деталей типу «втулка-вал». Перспективним напрямком використання розробленої моделі є синтез системи, що забезпечить необхідні

характеристики процесу складання, а також комп'ютерне моделювання процесу складання вісесиметричних деталей для вертикальної схеми типу «втулка-вал».

Список посилань

1. Юрковець В.І., Вислоух С.П. Кінематичний аналіз процесу складання вісесиметричних деталей // Збірник праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Ефективність та автоматизація інженерних рішень у приладобудуванні", 06-07 грудня 2022 р. – К.: ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2022. – 128-133.
2. M. W. Abdullah, H Roth. M. Weyrich and J. Wahrburg. / An approach for peg-in-hole assembling using intuitive search algorithm on human behavior and carried by sensors guided industrial robot, IFAC-PapersOnLine 48(3), 1476-1481 (2015)
3. K. Van Wyk, M. Culleton, J. Falco and K. Kelly. Comperative peg-in-hole testing of a force-based manipulator control robotic hand, IEEE Transactoins on Robotics 34(2), 542-549 (2018).

УДК 621.923

Кальченко В.В., докт. техн. наук, професор
Кальченко В.І., докт. техн. наук, професор
Венжега В.І., канд. техн. наук, доцент
Машковцев Д.С., аспірант

Національний університет «Чернігівська політехніка», mashkovtsevdmitro@gmail.com

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ШЛІФУВАННЯ ЗІ СХРЕЩЕНИМИ ОСЯМИ РОЗПОДІЛЬНОГО ВАЛУ ТА КРУГА

Через конкуренцію на ринку машинобудування та автомобільного транспорту якість обробки деталей дуже важлива. Тому актуальним завданням для науковців є модернізація процесів та якості обробки кулачків та шийок розподільних валів у машинобудуванні та автомобілебудуванні.

Для виготовлення високоточних поверхонь кулачків та шийок розподільних валів необхідно використовувати новітні способи обробки поверхні. Процеси шліфування розподільних валів та верстати для шліфування поступово змінюються та модернізуються. Тому необхідно проводити аналіз методів шліфування розподільних валів. В процес шліфування зі схрещеними осями додаються нові методи обробки тому необхідно провести їх аналіз.

В роботі [1] описується процес шліфування опорних кулачків розподільного валу орієнтованим інструментом за один установ.

В науковій статті [2] проведений аналіз методів для дослідження, кількісного визначення, характеристики вібрацій та хвилястості під час шліфування розподільного валу, а також показано застосування цих методів для дослідження параметрів що впливають на вібрації при високошвидкісному шліфуванні розподільного валу.

В статті [3] розглядаються проблеми управління процесом шліфування, які виникають при виготовленні колінчастих валів. Дослідження було зосереджено на вимірюванні таких параметрів, як рівень, лінійність, паралельність, биття та співвісність відповідних механічних частин шліфувальної машини.

В статті [4] представлено структуру верстата для шліфування розподільного валу та порівняно два методи шліфування розподільного валу, переваги моторизованого шпинделя, опорного підшипника, системи подачі та застосування.

У роботі [5] запропоновано модульне тривимірне геометричне моделювання інструментів, зняття припуску та формоутворення опорних шийок та кулачків розподільних валів. Шліфування опорних шийок та кулачків розподільного валу виконується за один установ кругом зі схрещеними осями його і деталі.