



ISSN 2079-004X

4'2015

ТЕХНОЛОГІЇ

В МАШИНОБУДУВАННІ

Вісник Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»



Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХПІ»

Серія: Технології в машинобудуванні

№ 4 (1113) 2015

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

Харків
НТУ «ХПІ», 2015

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ». – 2015. – № 4 (1113). – 216 с.

Державне видання

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України
КВ № 5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською та російською мовами.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ» внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Постановою президії ВАК України від 26 травня 2010 р., № 1 – 05/4 (Бюлетень ВАК України, № 6, 2010 р., с. 3, № 20).

Координаційна рада:

Л. Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф. (**голова**);
К. О. ГОРБУНОВ, канд. техн. наук, доц. (**секретар**);
А. П. МАРЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Є. І. СОКОЛ, д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України;
Є. Є. АЛЕКСАНДРОВ, д-р техн. наук, проф.; А. В. БОЙКО, д-р техн. наук, проф.;
Ф. Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф.; М. Д. ГОДЛЕВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.;
А. І. ГРАБЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Г. ДАНЬКО, д-р техн. наук, проф.;
В. Д. ДМИТРИЄНКО, д-р техн. наук, проф.; І. Ф. ДОМНІН, д-р техн. наук, проф.;
В. В. СПІФАНОВ, канд. техн. наук, проф.; Ю. І. ЗАЙЦЕВ, канд. техн. наук, проф.;
П. О. КАЧАНОВ, д-р техн. наук, проф.; В. Б. КЛЕПІКОВ, д-р техн. наук, проф.;
С. І. КОНДРАШОВ, д-р техн. наук, проф.; В. М. КОШЕЛЬНИК, д-р техн. наук, проф.;
В. І. КРАВЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.; Г. В. ЛІСАЧУК, д-р техн. наук, проф.;
О. К. МОРАЧКОВСЬКИЙ, д-р техн. наук, проф.; В. І. НІКОЛАЄНКО, канд. іст. наук, проф.;
П. Г. ПЕРЕРВА, д-р екон. наук, проф.; В. А. ПУЛЯЄВ, д-р техн. наук, проф.;
М. І. РИЩЕНКО, д-р техн. наук, проф.; В. Б. САМОРОДОВ, д-р техн. наук, проф.;
Г. М. СУЧКОВ, д-р техн. наук, проф.; Ю. В. ТИМОФІЄВ, д-р техн. наук, проф.;
М. А. ТКАЧУК, д-р техн. наук, проф.

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Ю.В. Тимофієв, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора: О. О. Клочко, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: Є. В. Басова, канд. техн. наук, доц.

Члени редколегії: С.С. Добротворський, д-р техн. наук, проф.; О.А. Мельніченко, д-р техн. наук, проф.; О.Я. Мовшович, д-р техн. наук, проф.; О.А. Пермяков, д-р техн. наук, проф.; Ю.А. Сизий, д-р техн. наук, проф.; Д.В. Сталінський, д-р техн. наук.; М.С. Степанов, д-р техн. наук, проф.; В.А. Фадєєв, д-р техн. наук, проф.; В.Д. Хіщан, д-р техн. наук, проф.; О.М. Шелковий, д-р техн. наук, проф.

*У квітні 2013 р. Вісник Національного технічного університету «ХПІ», серія «Технології в машинобудуванні», включений у довідник періодичних видань бази даних **Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA)**.*

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ».
Протокол № 4 від 24 «квітня» 2015р.

В.О. Іванов, В.Є. Карпусь, І.М. Дегтярьов, І.В. Павленко, В.Р. Богдан

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЖЕЛІВ

У статті запропоновано конструкцію верстатного пристрою, який забезпечує достатню інструментальну доступність і дозволяє виконувати багатокординатну обробку деталей типу важелів при одному закріпленні. Дослідження, виконані методами чисельного моделювання, підтвердили, що запропонована конструкція відповідає усім параметрам точності. Результати досліджень напружено-деформованого стану показали, що величини переміщень і напружень, які виникають у процесі механічної обробки, у запропонованому верстатному пристрої менші, ніж у стандартних. Проведений модальний аналіз підтвердив, що запропонований верстатний пристрій має значно вищу динамічну жорсткість, ніж стандартні верстатні пристрої. Моделювання виконувалося для обробки важелів із сталі, чавуна, алюмінієвого сплаву. Визначені залежності переміщень і напружень від глибини різання, що дозволяє оптимізувати процес механічної обробки.

Ключові слова: верстатний пристрій, технологічний процес, фрезерування, напружено-деформований стан, напруження, переміщення, точність, частота.

Вступ. Важливу роль у забезпеченні випуску конкурентоспроможної продукції відіграють верстатні пристрої (ВП). Це підтверджується тим, що вони складають 70–80% від загального обсягу технологічної оснастки [1], 80–90% витрат на технологічну підготовку виробництва витрачається на проектування та виготовлення ВП [2], 10–20% загальної вартості виробничих систем становить вартість ВП [3], до 40% бракованих деталей у машинобудуванні виникає через недосконалість ВП [4].

Постановка проблеми. Сучасне машинобудування характеризується багатонаменклатурністю деталей, що випускаються. Збільшення номенклатури виробів потребує ускладнення проектно-конструкторських робіт із виготовлення технологічної оснастки, особливо ВП. Такі умови виробництва вимагають частих переналагоджень на обробку іншої партії деталей, що ставить питання про економічну доцільність проектування та виготовлення спеціальних ВП для деталей конкретного типорозміру. Тому актуальним є впровадження гнучких ВП, які забезпечують переналагодження на інший типорозмір деталей [5].

Аналіз останніх досліджень і літератури. Сучасна тенденція реалізації механічної обробки – висока інтенсифікація технологічних процесів (ТП), тобто скорочення витрат штучного часу за рахунок зменшення частки допоміжного часу, що в умовах жорсткої конкуренції на ринку, багатонаменклатурності деталей машинобудування та можливостей сучасних металорізальних верстатів – є актуальною задачею на сьогодні [6]. Одним із основних рішень щодо підвищення інтенсифікації механічної обробки є розроблення та впровадження прогресивних ВП, які мають високий ступінь гнучкості, дозволяють виконувати механічну обробку за мінімальну кількість установлень за рахунок підвищення інструментальної досту-

пності та забезпечення багатокординатної обробки. Прагнення до обробки деталі за одне установлення є особливо актуальним для верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи, адже на них обробляються різні деталі складної просторової конфігурації із взаємним розташуванням поверхонь під різними кутами з малими допусками взаємного розташування. Це, як правило, потребує великої кількості установлень та частих змін схем базування, що безпосередньо впливає на точність виготовлення кінцевого продукту.

На вищевказаних верстатах, як правило, обробляються деталі типу корпусів, блоків циліндрів, планок, шатунів, кронштейнів, важелів тощо. Також виконується фрезерування шпонкових пазів і лисок на валах, свердління радіально-розташованих отворів у фланцях і дисках та отворів, розташованих під кутом.

Підвищення гнучкості та розширення технологічних можливостей ВП, скорочення підготовчо-заклучного часу на їх переналагодження, а, отже, підвищення ефективності використання металорізальних верстатів забезпечується за рахунок розроблення та впровадження швидкопереналагоджуваних базуючих модулів, які входять до комплекту універсально-збірних переналагоджуваних пристроїв [7, 8].

Розроблені конструкторські рішення для базування корпусних деталей за площиною [9–11], площиною та двома отворами [12, 13], у координатний кут [14], а також деталей типу тіл обертання з базуванням за зовнішніми циліндричними поверхнями [15–19] та внутрішніми циліндричними поверхнями [20, 21] показали високу ефективність в умовах сучасного машинобудування.

У машинобудуванні, зокрема в автомобільній промисловості, досить розповсюдженим є клас деталей складної форми, до якого належать важелі, кронштейни, вилки, шатуни, кулісні, тягові та інші деталі, які входять до класу 74 згідно ЄСКД 1.79.100

ОК 012-93. Вони характеризуються наявністю великої кількості поверхонь, розташованих у різних площинах під різними кутами одна до іншої. Незважаючи на їх складну просторову геометричну форму, їх елементарні поверхні прості (циліндричні та конічні отвори, шпонкові пази, площини, уступи тощо) [22].

Деталі даного класу характеризуються складністю схем встановлення та недостатньою інструментальною доступністю, що обумовлено складним розташуванням поверхонь у просторі, тому досить складно навіть на сучасному обладнанні забезпечити багатокоординатну обробку деталей та інтенсифікувати технологічний процес їх виготовлення.

У даний час обробка деталей складної форми виконується із застосуванням спеціальних або універсально-збірних ВП, які або виключають можливість переналадження, або дозволяють виконувати його в малому діапазоні розмірів [23].

Метою даної роботи є обґрунтування доцільності розроблення ВП, який забезпечує можливість переналадження елементів ВП для встановлення деталей типу важелів у певному діапазоні розмірів, підвищує інструментальну доступність та дозволяє виконувати багатокоординатну обробку, а також довести, що запропонована конструкція ВП забезпечує задані показники точності при механічній обробці деталей і порівняти з аналогічними показниками спеціального та збірного ВП.

Матеріали досліджень. Об'єктом дослідження обрано деталі типу важелів, які є складовими багатьох агрегатів і вузлів машинобудівної продукції, особливо в автомобільній промисловості. Хоча різноманіття моделей автомобілів у наш час досить велике, проте основні їх механізми, де присутні важелі, відрізняються не суттєво. Різниця може бути лише у зміні типорозміру або розташуванні деяких поверхонь, тому доцільним є розроблення ВП, який забезпечить можливість встановлення важелів різних автомобілів у певному діапазоні розмірів та форми, на відміну від спеціальних ВП, які дозволяють встановлювати деталі лише одного типорозміру.

Розроблено переналаджуваний установлювально-затискний модуль для обробки деталей типу важелів (рис. 1), який призначений для встановлення важелів різних типорозмірів у межах технічної характеристики, та дозволяє скоротити витрати часу на переналадження та забезпечити інструментальну доступність оброблюваних поверхонь [24].

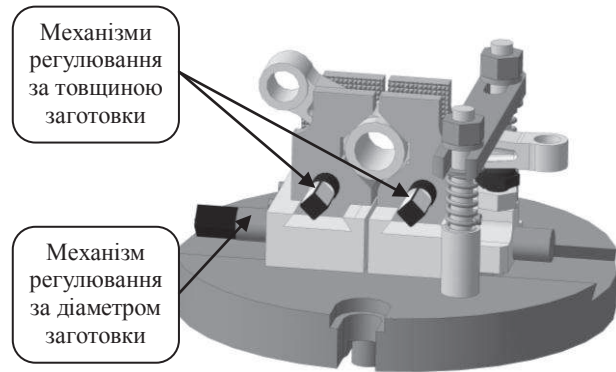


Рис. 1 – Переналаджуваний установлювально-затискний модуль для обробки деталей типу важелів

Запропонована конструкція призначена для встановлення важелів у діапазоні діаметрів центральної бобишки та різною товщиною плечей, що здійснюється шляхом регулювання гвинтових механізмів, які забезпечують зміну відстані між установлювально-затискними елементами. Переналаджуваний установлювально-затискний модуль може бути встановлений як на столі верстата, так і на базових платформах, що входять до різних комплектів збірних ВП.

Таке технічне рішення у сукупності з оборотним столом верстата дозволяє виконати всі свердильно-фрезерно-розточувальні операції при незмінному закріпленні заготовки на одній комплексній операції, виконуваний на оброблювальному центрі з ЧПК. Таким чином, ТП скорочується на 5 операцій (рис. 2).

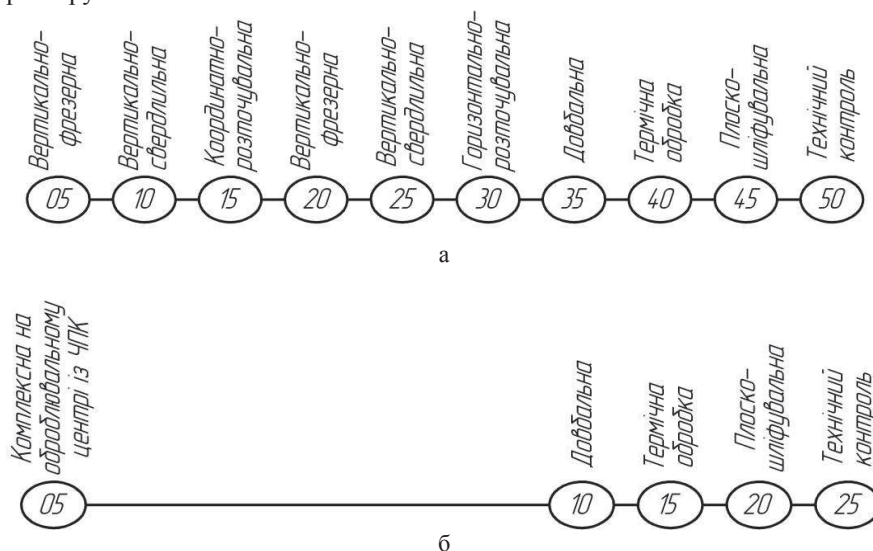


Рис. 2 – Порівняння технологічних маршрутів обробки деталі «Важіль»: а – типовий технологічний процес; б – запропонований технологічний процес

Для визначення можливості досягнення точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь важеля при проведенні механічної обробки виконано дослідження напружено-деформованого стану (НДС) та визначено переміщення елементів системи «ВП – заготовка» під дією зовнішніх навантажень (сили закріплення та різання, моменти). Досліджено міцність ВП шляхом визначення еквівалентних напружень у місцях контакту, виявлено концентратори напружень, де величини напружень перевищують допустиме значення для конкретного матеріалу. Для цього поряд із вирішенням задачі з визначення НДС потрібно розв'язувати також і контактну задачу.

Встановлено залежність величини напружень та переміщень від сил і моментів для прогнозування відхилень від номінальних розмірів, що безпосередньо будуть впливати на точність механічної обробки. Проведено дослідження зі змінами силових факторів на переходах фрезерування бобишок торців важеля, де можливе варіювання глибинами різання.

За допомогою вбудованого модуля Modal Analysis у розрахунковому комплексі ANSYS Workbench визначено частоти власних коливань ВП, які порівняно з частотами дії знакозмінних компонент сил і моментів різання на всіх переходах свердильно-фрезерно-розточувальних операцій.

При розрахунках усі елементи ВП зв'язувались між собою шляхом об'єднання вузлів. Для деяких поверхонь елементів ВП передбачено можливість відносного переміщення з коефіцієнтом тертя [25]. Типи контактів і характеристики контактних пар між поверхнями елементів наведено в табл. 1.

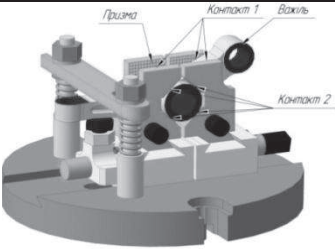
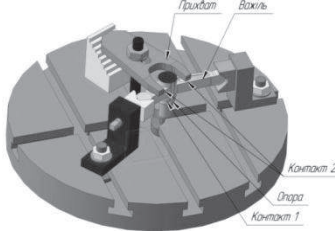
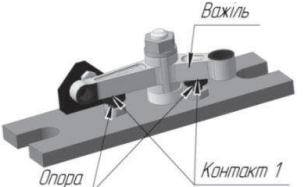
Результати досліджень.

За допомогою ANSYS Workbench побудовані розрахункові схеми та отримані значення переміщень та напружень, що виникають у елементах ВП та заготовці, а також у місцях їх контакту. Результати проведенного чисельного моделювання для важелів із різних груп матеріалів (сталь 40XH, сірий чавун СЧ20 та алюмінієвий сплав АЛ4) з визначеними значеннями максимальних еквівалентних напружень за IV гіпотезою міцності Губера-Мізеса [26], та максимальних переміщень, що виникли при моделюванні процесу механічної обробки для ВП типового та запропонованого ТП, наведені у табл. 2. Ілюстрації результатів моделювання при фрезеруванні торця бобишки головного отвору наведені на рис. 3–6.

Для виявлення залежності величини переміщень від глибини різання виконано моделювання фрезерування торця бобишки допоміжного отвору важеля, розташованого перпендикулярно головному. Результати моделювання наведені у табл. 3. За отриманими даними побудовано графіки залежності величини переміщень і напружень від глибини різання (рис. 7, 8).

Переміщення, що виникають на всіх переходах механічної обробки в стандартних ВП більші, ніж у запропонованому ВП. Це свідчить про те, що за інших рівних умов відхилення розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталі, що обробляється в запропонованому ВП, будуть меншими, а, отже, точність обробки збільшується. Напруження на деяких переходах при обробці в запропонованому ВП більші, ніж у стандартному ВП, що пояснюється різними величинами площі контактної взаємодії елементів ВП і заготовки, частково викликаним характером прикладання сил закріплення для ВП різних конструкцій.

Таблиця 1 – Ескізи ВП та групи контактних пар

ВП	Схема розташування контактів	Характеристика реалізованих груп з'єднань
Запропонований		Контакт 1 – «бокові поверхні призм – бокові поверхні важеля»: поверхні призм – рифлені; поверхні заготовки – необроблені; коефіцієнт тертя – 0,7; Контакт 2 – «робочі поверхні призм – циліндричні поверхні важеля»: поверхні призм – гладкі; поверхня заготовки – необроблена; коефіцієнт тертя – 0,2.
Стандартний для операцій 05-15 типового ТП		Контакт 1 – «опора – торець важеля»: поверхня опори – рифлена; поверхня заготовки – необроблена; коефіцієнт тертя – 0,7; Контакт 2 – «затискні поверхні прихоплювача – бокові поверхні важеля»: поверхні прихоплювача – гладкі; поверхні заготовки – необроблені; коефіцієнт тертя – 0,2.
Стандартний для операцій 20-30 типового ТП		Контакт 1 – «опора – бокові поверхні важеля»: поверхні опор – рифлені; поверхні заготовки – необроблені; коефіцієнт тертя – 0,7.

Для чистових переходів із рис. 7 можна визначити допустимі глибини різання, при яких переміщення, що виникають при обробці, не будуть перевищувати величини допустимих відхилень розмірів. Це дозволить більш точно прогнозувати досягнення точності обробки на конкретній операції чи переході.

Із рис. 8 можуть бути визначені допустимі глибини різання, при яких відсутні залишкові деформації. Це дозволяє підвищити продуктивність механічної обробки за рахунок використання максимальних можливостей інструмента та верстата.

Для запобігання виникнення явища резонансу в процесі механічної обробки важеля необхідно, щоб час-

тота власних коливань елементів ВП не співпадала з частотою процесу різання. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є призначення інших режимів різання. Для цього за допомогою вбудованого модуля Modal Analysis у розрахунковому комплексі ANSYS Workbench визначені частоти власних коливань ВП для типового та запропонованого ТП та виконано їх порівняння з частотами, які виникають у процесі механічної обробки (табл. 4). Результати аналізу дозволяють визначати необхідне відлаштування від резонансу.

Таблиця 2 – Результати чисельного моделювання обробки важелів із різних матеріалів

Технологічний перехід, де виникають найбільші навантаження	Матеріал важеля	Максимальні переміщення, мм		Максимальні напруження, МПа	
		Типовий ТП	Запропонований ТП	Типовий ТП	Запропонований ТП
Фрезерування торця бобишки головного отвору	40ХН	0,08	0,017	132	174
	СЧ20	0,03	0,015	78	122
	АЛ4	0,03	0,015	74	121
Свердління головного отвору	40ХН	0,02	0,019	72	101
	СЧ20	0,01	0,017	44	73
	АЛ4	0,01	0,019	38	61
Фрезерування бобишки допоміжного отвору, розташованого паралельно головному	40ХН	0,18	0,11	604	589
	СЧ20	0,18	0,12	372	364
	АЛ4	0,17	0,14	299	288
Свердління бобишки допоміжного отвору, розташованого паралельно головному	40ХН	0,15	0,14	446	620
	СЧ20	0,15	0,13	295	420
	АЛ4	0,13	0,13	238	342
Фрезерування бобишки допоміжного отвору, розташованого перпендикулярно головному	40ХН	0,05	0,046	208	134
	СЧ20	0,05	0,05	143	91
	АЛ4	0,05	0,05	130	83
Свердління бобишки допоміжного отвору, розташованого перпендикулярно головному	40ХН	0,19	0,12	348	307
	СЧ20	0,23	0,16	302	243
	АЛ4	0,21	0,18	235	199

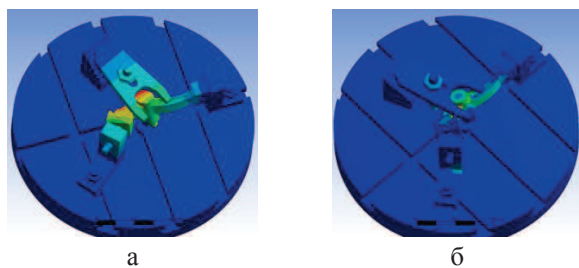


Рис. 3 – Ілюстрації результатів моделювання для стандартного ВП для операцій 05-15 типового ТП: а – картина напружень; б – картина переміщень

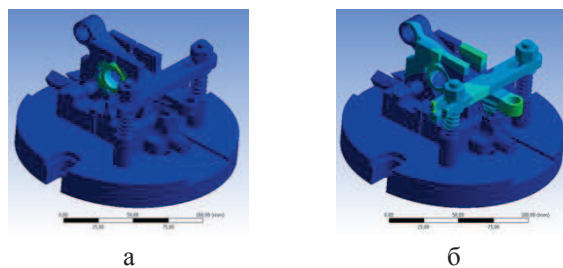


Рис. 4 – Ілюстрації результатів моделювання для запропонованого ВП: а – картина напружень; б – картина переміщень

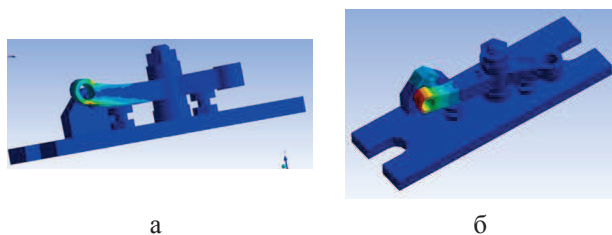


Рис. 5 – Ілюстрації результатів моделювання для стандартного ВП для операцій 05-15 типового ТП: а – картина напружень; в – картина переміщень

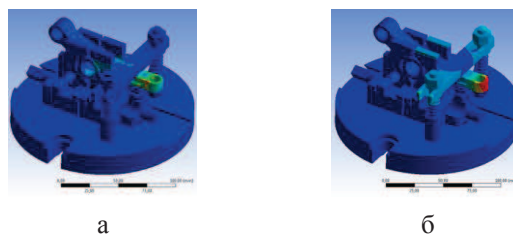


Рис. 6 – Ілюстрації результатів моделювання для запропонованого ВП: а – картина напружень; в – картина переміщень

Таблиця 3 – Результати чисельного моделювання фрезерування бобишки допоміжного отвору, розташованого перпендикулярно головному

Глибина різання, мм	Максимальні переміщення, мм		Максимальні напруження, МПа	
	Типовий ТП	Запропонований ТП	Типовий ТП	Запропонований ТП
0,25	0,016	0,018	65	42
0,5	0,027	0,026	115	76
1	0,05	0,047	208	134
2	0,091	0,084	375	241
3	0,128	0,118	529	339
4	0,164	0,152	677	434

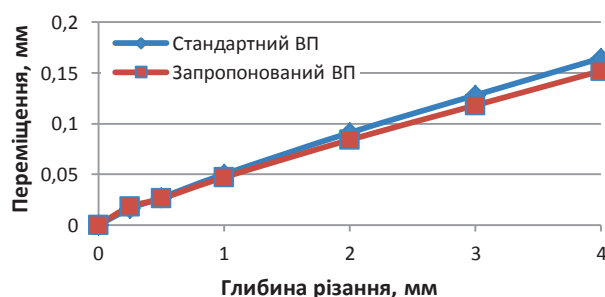


Рис. 7 – Графік залежності величини переміщень від глибини різання

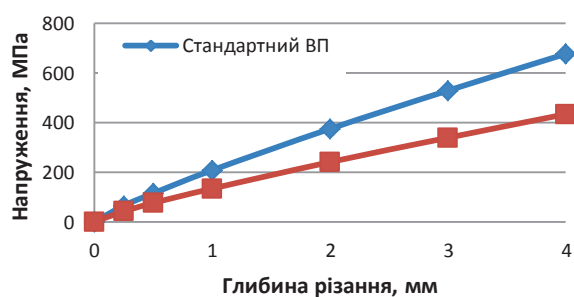


Рис. 8 – Графік залежності величини напружень від глибини різання

Таблиця 4 – Результати дослідження власних коливань верстатних пристроїв

Верстатний пристрій	1-ша критична частота, Гц	2-га критична частота, Гц	3-я критична частота, Гц	Частота процесу різання, Гц
Стандартний для операцій 05–15 типового ТП	2186	2595	2835	2229
Стандартний для операцій 20–30 типового ТП	5888	7268	8250	766
Запропонований	6125	7830	8915	2229

Із табл. 4 видно, що для ВП операцій 05–15 типового ТП робоча частота різання майже співпадає з власною частотою, що свідчить про появу резонансу. Для інших ВП явище резонансу не виникне, оскільки перша критична частота значно перевищує частоту процесу різання.

Таким чином, розроблений ВП для реалізації запропонованого ТП є більш жорстким ніж ВП для реалізації типового ТП, оскільки перша критична частота у 1,04 і 2,8 разів перевищує критичну частоту для ВП операцій 05–15 і 20–30 відповідно. Це свідчить про збільшення динамічної жорсткості розробленого ВП майже у 9 разів.

Висновки.

Доведено, що розроблені технічні рішення сприяють інтенсифікації ТП механічної обробки та не призводять до погіршення показників точності. Проведені дослідження НДС показали, що розроблена конструкція ВП для обробки важелів забезпечує багатокординатну обробку та відповідає умовам міцності, а також значно скорочує витрати допоміжного та підготовчо-заключного часу.

Результати чисельного моделювання НДС процесу механічної обробки важеля у ВП різних конструкцій показали, що обробка в розробленому ВП має більш високі точнісні показники порівняно зі стандартними ВП за рахунок меншої величини переміщень – у середньому на 0,01–0,05 мм.

Напруження, що виникають в елементах ВП і місцях контакту із заготовкою при обробці, відрізняються незначно, у межах 10–50 МПа, і не перевищують допустимих значень для елементів ВП і заготовки. Істотна відмінність значень на 100 МПа на переході свердління бобишки допоміжного отвору, перпендикулярного головному, можна пояснити різним характером сприйняття навантаження внаслідок відмінності конструкцій ВП. Однак, це не є критичним, оскільки при коефіцієнті запасу міцності для даної системи 1,5, максимальні напруження, що виникають на цьому переході не перевищують допустимих значень.

Подальші дослідження спрямовані на експериментальну перевірку результатів чисельного моделювання процесу механічної обробки деталі типу важелів, що дозволить оцінити ефективність розробленого технічного рішення, а також розробку ВП для обробки інших деталей складної форми, використовуючи новий підхід до проектування.

Список літератури: 1. Ряховский А. В. Разработка и внедрение комплекта унифицированной технологической оснастки для обработки корпусных деталей специзделий [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Ряховский Алексей Владимирович. – Харьков, 1996. – 135 с. 2. Иванов В.О. Выбор оптимальных компоновок верстатных пристроїв для верстатів з ЧПК [Текст] : дис. канд. техн. наук : 05.02.08 / Иванов Віталій Олександрович. – Харків, 2010. – 239 с. 3. Hashemi H. A case-based reasoning for design of machining fixture [Text] / H. Hashemi, A. M. Shaharoum, I. Sudin // Int Journal of Manu-

facturing Technology, 2014. – Vol. 74. – P. 113–124. 4. Wang H. Computer aided fixture design: recent research and trends [Text] / H. Wang, Y. Rong, H. Li, P. Shaun // Computer-Aided Design, 2010. – Vol. 42 (12). – P. 1085–1094. 5. Карпуть В. Е. Обоснование выбора системы приспособлений в серийном производстве [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Високи технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – Вип. 1 (16). – С. 125–134. 6. Карпуть В. С. Інтенсифікація процесів механічної обробки [Текст]: монографія / В. С. Карпуть, В. О. Іванов, О. В. Котляр та ін.; за ред. В. С. Карпуся. – Суми: Сумський державний університет, 2012. – 436 с. 7. Карпуть В. Е. Универсально-сборные переналаживаемые приспособления [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2008. – No11. – С. 46–50. 8. Karpus' V. E. Universal-composite adjustable machine-tool attachments [Text] / V. E. Karpus', V. A. Ivanov // Russian Engineering Research, 2008. – Vol. 28, No. 11. – P. 1077–1083. 9. Пат. на корисну модель No 71870, Україна, МПК (2012) B23 V39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М., Кушніров П. В. 10. Пат. на корисну модель No 96399 Україна, МПК (2015) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М. 11. Швидкопереналагоджувані базуючі модулі для встановлення корпусних деталей [Текст] / В. С. Карпуть, В. О. Іванов, Д. О. Міненко, І. М. Дегтярьов. // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2012. – No 2. – С. 91–94. 12. Пат. на корисну модель No 60130 Україна, МПК (2011) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С. 13. Пат. на корисну модель No 67918 Україна, МПК (2012) B23V 39/00, B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С., Романенко І. В. 14. Пат. на корисну модель No 59745 Україна, МПК (2011) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Карпуть В. С. 15. Пат. на корисну модель No 31416 Україна, МПК (2006) B23V 39/00. Базуюча призма, що автоматично регулюється [Текст] / Карпуть В. С., Іванов В. О. 16. Карпуть В. С. Вибір базуючих модулів для установавання валів при обробці на свердильно-фрезерно-розточувальних верстатах [Текст] / В. С. Карпуть, В. О. Іванов, К. С. Вараксіна. // Резание и инструмент в технологических системах. – 2009. – No 76. – С. 55–62. 17. Карпуть В. Е. Экспериментальные исследования точности обработки валов при базировании в призмах [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов, А. В. Ряховский. // Вісник Сумського державного університету. – 2010. – No 4. – С. 24–27. 18. Карпуть В. Е. Точность базирования валов в призмах [Текст] / В. Е. Карпуть, В. А. Иванов // Вестник машиностроения. – 2012. – No 2. – С. 40–45. 19. Karpus' V. E. Locating accuracy of shafts in V-blocks [Text] / V. E. Karpus', V. A. Ivanov. // Russian Engineering Research, 2012. – Vol. 32 No 32. – P. 144–150. 20. Пат. на корисну модель No 30999 Україна, МПК (2006.01) B23Q 3/06. Оправка розтиска [Текст] / Карпуть В. С., Іванов В. О. 21. Пат. на корисну модель No 95074 Україна, МПК (2014.01) B23V 39/00. Переналагоджуваний базуючий модуль [Текст] / Іванов В. О., Дегтярьов І. М. 22. Іванов В. А. Конструктивные особенности деталей сложной формы в структуре автомобиля [Текст] / В. А. Иванов, И. М. Дегтярев // Прогрессивные технологии и процессы: сборник статей Междунар. молод. научно-техн. конф., 25–26 сентября 2014 г., Курск. – С. 238–243. 23. Боровік А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва [Текст]: книга / А. І. Боровік. – К.: Кондор, 2008. – 726 с. 24. Переналагоджуваний установлювально-затискний модуль для установавання деталей типу важелів [Текст]: заявка u201413066 Україна: МПК 2015.01; B23V 39/00 / Іванов В. О., Дегтярьов І. М., Карпуть В. С.; заявник Сумський державний університет; заявл. 05.12.2014. 25. Справочник технолога-

машиностроителя [Текст]: справочник: в 2 т. / А. М. Дальский, А. Г. Сулова, А. Г. Косилова, Р. К. Мецержков. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с. 26. Тимошенко С. П. Теория упругости [Текст] / С. П. Тимошенко, Дж. Гудьер. – М.: Наука, 1975. – 576 с.

Bibliography (transliterated): 1. Rjahovskij A. V. *Razrabotka i vnedrenie kompleksa unificirovannoj tehnologicheskoy osnastki dlja obrabotki korpusnyh detalej specizdelij*, Kharkiv, 1996. – 135 p. Print. 2. Ivanov V.O. *Vy'bir opty'mal'ny'x komponovok verstatnyh pry'strojiv dlya verstativ z ChPK*, Kharkiv, 2010. – 239 p. Print. 3. Hashemi H. A., Shahrouroum A. M., Sudin I. *Case-based reasoning for design of machining fixture*, 2014. Vol. 74. – P. 113–124. Print. 4. Wang H., Rong Y., Li H., Shaun P. *Computer aided fixture design: recent research and trends*, 2010. Vol. 42 (12). – P. 1085–1094. Print. 5. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Obosnovany'e vibora sy'stemy pry'sposobleny'j v seryjnom proy'zvodstve* Kharkiv. Vy'soki tehnologiyi v mashy'nobuduvanni, 2008. Publ. 1(16) – PP. 125-134. Print. 6. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Kotlyar O.V. *Intensy'fikaciya procesiv mexanichnoyi obrobky'*. Sumy, 2012. – 436 p. Print. 7. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Universal'no-sbornye perenalazhivaemye prispособlenija*, 2008. – No11. – PP. 46–50. Print. 8. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Universal-composite adjustable machine-tool*, 2008. Vol. 28, No. 11. – PP. 1077–1083. Print. 9. Ivanov V.O., Degtyar'ov I.M., Kushnirov P.V. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2012. Print. 10. Ivanov V.O., Degtyar'ov I.M. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2015. Print. 11. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Minenko D.O., Degtyar'ov I.M. *Shvy'dkoperenalagodzhuvani bazuyuchi moduli dlya vstanovlennya korpusnyh detalej*, 2012. Print. 12. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model 60130. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2011. Print. 13. Ivanov V.O., Karpus' V.E., Romanenko I.V. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2012. Print. 14. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model 59745. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2011. Print. 15. Ivanov V.O., Karpus' V.E. *Pat. na kory'snu model. Bazuyucha pry'zma, shho avtomaty'chno reguluyet'sya*, 2006. Print. 16. Karpus' V.E., Ivanov V.O., Varaksina K.S. *Vy'bir bazuyuchyih moduliv dlya ustanovlennya valiv pry' obrobci na sverdlyl'no-frezerno-roztochuval'nyh verstatah*, 2009. No 76. – PP. 55–62. Print. 17. Karpus' V.E., Ivanov V.A., Rjahovskij A.V. *Eksperymental'nye issledovanija tochnosti obrabotki valov pri bazirovanii v prizmah*, 2010. No 4. – PP. 24–27. Print. 18. Karpus' V.E., Ivanov V.A. *Tochnost' bazirovanija valov v prizmah*, 2012. No 2. – PP. 40–45. Print. 19. Karpus' V. E., Ivanov V. A. *Locating Accuracy of Shafts in V-blocks*, 2012. Vol. 32 No 32. – PP. 144–150. Print. 20. Karpus' V.E., Ivanov V.O. *Pat. na kory'snu model. Opravka rozty'skna*, 2006. Print. 21. Ivanov V.O., Degtyar'ov I.M. *Pat. na kory'snu model. Perenalagodzhuvany'j bazuyuchy'j modul'*, 2014. Print. 22. Ivanov V.A., Degtyarev I.M. *Konstruktivnye osobennosti detalej slozhnoj formy v strukture avtomobilja*. Kursk. Progressivnyye tehnologii i process, 2014. – PP. 238–243. Print. 23. Borovik A.I. *Tehnologichna osnastka mexanoskladal'nogo vy'robny'ctva*, 2008. – 726 p. Print. 24. Ivanov V.O., Degtyar'ov I.M., Karpus' V.E. *Perenalagodzhuvany'j ustanovlyuval'no-zaty'skny'j modul' dlya ustanovlennya detalej ty'pu vazheliv : zayavka u201413066*, 2015. 25. Dal'skij A. M., Suslova A.G., Kosilova A.G., Meshherjakov R.K. *Spravochnik tehnologa-mashinostroitelja*, 2001. Vol. 2. – 944 p. Print. 26. Timoshenko S.P., Gud'er Dzh. *Teoriya uprugosti*, 1975. – 576 p. Print.

Надійшла (received) 22.03.2015

Іванов Віталій Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету, тел. (0542) 68-78-52, e-mail: ivanov@tmvi.sumdu.edu.ua;

Карпуть Владислав Євгенович – докт. техн. наук, професор, професор кафедри інженерної механіки Національної академії Національної гвардії України;

Дегтярьов Іван Михайлович – аспірант кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету;

Павленко Іван Володимирович – канд. техн. наук, старший викладач кафедри загальної механіки і динаміки машин Сумського державного університету;

Богдан Валерія Ростиславівна – магістрант, Сумський державний університет.

дуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 101-103. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-004X

У статті наведені результати досліджень впливу величини сили закріплення по циліндричній поверхні отвору різальної пластини на міцнісні та динамічні характеристики удосконаленої конструкції збірного чашкового різця для обробки колісних пар. Встановлено, що суттєвий вплив величини радіальної сили закріплення по циліндричній поверхні отвору різальної пластини чинить на жорсткісні характеристики конструкції збірного чашкового різця.

Ключові слова: збірний чашковий різець, циліндрична поверхня, жорсткість, міцність, динамічні характеристики, колісна пара, кут конуса оправки.

УДК 621.03.004.74:621.03.004.67 - 167.7

Saving disassembly at heavy-duty gas turbine compressor reengineering / С.В. Конопланченко, В.М. Колодненко, В. Аталавий // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С.104-109. – Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2079-004X

У статті розглянуті питання збереження ресурсу важко навантажених відповідальних виробів машинобудування на етапі їхнього ремонту, на прикладі газотурбінних компресорів великої потужності. Наведено основні причини та зазначені результати відмов турбокомпресорних установок. Розглянуто сучасні концепції пошуку раціонального шляху доступу до елемента, що відмовив, в складному встаткуванні. Запропоновано методику оцідного розбирання елементної бази газотурбінних компресорів з урахуванням специфіки умов експлуатації та залишкового впливу на навколишнє середовище.

Ключові слова: ремонт, часткове розбирання, компресора великої потужності, газові турбіни, збереження ресурсу.

УДК 621.9 : 539.3

Чисельне моделювання верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів / В.О. Іванов, В.С. Карпуть, І.М. Дегтярьов, І.В. Павленко, В.Р. Богдан // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 110-115. – Бібліогр.: 26 назв. – ISSN 2079-004X

У статті запропоновано конструкцію верстатного пристрою, який забезпечує достатню інструментальну доступність і дозволяє виконувати багатокординатну обробку деталей типу важелів при одному закріпленні. Дослідження, виконані методами чисельного моделювання, підтвердили, що запропонована конструкція відповідає усім параметрам точності. Результати досліджень напружено-деформованого стану показали, що величини переміщень і напружень, які виникають у процесі механічної обробки, у запропонованому верстатному пристрої менші, ніж у стандартних. Проведений модальний аналіз підтвердив, що запропонований верстатний пристрій має значно вищу динамічну жорсткість, ніж стандартні верстатні пристрої. Моделювання виконувалося для обробки важелів із сталі, чавуна, алюмінієвого сплаву. Визначені залежності переміщень і напружень від глибини різання, що дозволяє оптимізувати процес механічної обробки.

Ключові слова: верстатний пристрій, технологічний процес, фрезерування, напружено-деформований стан, напруження, переміщення, точність, частота.

УДК 539

Трибологическая система ультразвуковой сварки пластмасс. Тестовые расчеты / С.М. Ісаков, С.І. Марусенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 116-118. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-004X

Запропоновано ітераційний алгоритм розрахунку параметрів процесу ультразвукового зварювання (УЗЗ) на базі трибологічної системи, яка визначається як якась логіко-математична структура, елементами якої є підсистеми матеріалів, випромінювання, динаміки, внутрішнього тертя, термодинаміки і власне ультразвукового інструменту. Розроблено критерії збіжності ітераційного процесу для істотно нелінійної моделі УЗЗ. Наведено тестові розрахунки для декількох типів зварювальних робочих наконечників.

Ключові слова: трибологічна система, високочастотне навантаження, ультразвукове зварювання, нелінійна математична модель, ітераційний алгоритм, критерії збіжності.

УДК 621.833.22

Прогнозирование ресурса конических передач с двойково-выпукло-вогнутыми зубьями / А.В. Кузнецова, А.Н. Гнилько, Т.В. Терещенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 119-123. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-004X

Розроблено методику прогнозування ресурсу конічних передач з двоопукло-вогнутими зубцями шляхом вибору раціональних параметрів зачеплення на підставі моделювання зношування робочих поверхонь зубців. Методика ґрунтується на двох математичних моделях: моделі зачеплення зубців та імітаційній чисельній моделі зношування зубців. Розроблено математичне забезпечення для прогнозування ресурсу конічних передач з ДОВ зубцями з урахуванням викривлення вихідного профілю робочої поверхні зубців після кожного циклу зміни напружень і, як наслідок, зміни значень геометричних (радіуси кривини профілів), кінематичних (швидкості кочення і швидкості ковзання) і силових (нормальна сила в зачепленні і контактні напруги) параметрів контакту зубців. Дослідження зносу зубців проводилися на базі аналізу зачеплення зубчастої передачі ріжучої частини вугільного комбайна РКУ10. Результати прогнозування ресурсу підтвержені експериментально.

Ключові слова: двоопукло-вогнуті зубці, знос, ресурс, геометричні, кінематичні і навантажувальні параметри контакту.

УДК 621.9.025

Системный подход к сравнительной оценке работоспособности инструментальных материалов по стандартным регламентам стойкостных испытаний / Ю. Г. Гуцаленко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 124-128. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-004X

Розглядається проблема порівняння експлуатаційних можливостей інструментальних матеріалів і ріжучих пластин з них. Прийнята до уваги розширена система критеріїв працездатності включає швидкість об'ємного знімання, стійкість, робочий шлях різання, площа обробленої поверхні, об'ємний з'їм. Запропоновано системну аналітичну модель і виконаний розрахунок для надтвердих композитів на основі кубічного нітриду бору в стандартних непереточуваних ріжучих пластинах. Розрахунок виконаний у системі умов і нормативів стандартних стойкостних випробувань. Показаний приклад розвитку аналітичної моделі стосовно оцінки рейтингу працездатності переточуваних ріжучих пластин в умовах неоднороззначності допустимого зносу.

Ключові слова: кубічний нітрид бору, надтверді композити, ріжучі пластини, випробування на стійкість, працездатність, робочий шлях різання, об'ємний з'їм, порівняльна оцінка

УДК 620.178:539.4

Результаты исследования сопротивления усталости технических вариантов цапф задних мостов специальных транспортных средств / В. К. Лобанов, Г. И. Пашкова // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 129-131. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-004X

У роботі виконано дослідження опору втомі цапф заднього моста транспортного засобу «Дозор» різних варіантів виготовлення. Для проведення випробувань використовували універсальну випробувальну машину, що дозволяє створювати максимальне статичне навантаження 500 кН і максимальне циклічне навантаження 250 кН з точністю $\pm 1\%$. Встановлено, що місце з'єднання цапфи з насадкою є менш навантаженим і напруженим, ніж шлиці і зона кріплення цапфи до корпусу.

Ключові слова: транспортний засіб, задній міст, цапфа, опір втомі.

УДК 681.518.3

Анализ эффективности аппаратных средств управления продольной подачей шлифовального круга / О.Ф. Єнікєєв, Ф.М. Євсюкова, Л.О. Шиненко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХП», 2015. – № 4 (1113). – С. 132-137. – Бібліогр.: 3 назв. – ISSN 2079-004X

На основі перетворення Лапласу уперше побудовано математичну модель апаратних засобів програмного управління повздовжньою подачею шліфувального круга. Мінімізацією квадратичного критерію якості з використанням еталонної моделі апаратних засобів синтезовано пристрій обробки вхідної інформації в умовах дії завад. Побудовано схему імітаційного моделювання та встановлено ефективність апаратних засобів, що розроблено.

Ключові слова: математична модель, структурно-логічна організація, інформаційний підхід.

Рассмотрены физический, технологический и математический аспекты появления дефектов при сверлении многослойных композиционных материалов. Представлен анализ экспериментальных и теоретических исследований образования расслоения и скалывания в заготовке при сверлении. Описан механизм появления таких дефектов и современное состояние проблемы прогнозирования их количественных характеристик. Проанализировано влияние различных технологических факторов на уменьшение величины дефектов, в том числе фактора расслоения. Приведены модели прогнозирования появления дефектов и пути их минимизации в процессе сверления.

Ключевые слова: дефекты сверления, слоистые композиты, расслаивание при сверлении.

УДК 621.9.23

Исследование влияния усилий закрепления режущей пластины по цилиндрическому отверстию на динамические характеристики сборного реза / Г.П. Клименко, В.С. Гузенко, И.И. Подупан // // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С.101-103. – Бібліогр.: 4 назв. – ISSN 2079-004X

В статье приведены результаты исследований влияния величины силы закрепления по цилиндрической поверхности отверстия режущей пластины на прочностные и динамические характеристики усовершенствованной конструкции сборного чашечного реза для обработки колесных пар. Установлено, что существенное влияние величины радиальной силы закрепления по цилиндрической поверхности отверстия режущей пластины оказывает на жесткостные характеристики конструкции сборного чашечного реза.

Ключевые слова: сборный чашечный резец, цилиндрическая поверхность, жесткость, прочность, динамические характеристики, колесная пара, угол конуса оправки.

УДК 621.03.004.74:621.03.004.67 - 167.7

Saving disassembly at heavy-duty gas turbine compressor reengineering / Е.В. Конопляченко, В.Н. Колодненко, В. Аталавэй // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С.104-109. – Бібліогр.: 18 назв. – ISSN 2079-004X

В статье рассмотрены вопросы сохранения ресурса тяжело нагруженных ответственных изделий машиностроения на этапе их ремонта, на примере газотурбинных компрессоров большой мощности. Приведены основные причины и указаны результаты отказов турбокомпрессорных установок. Рассмотрены современные концепции поиска рационального пути доступа к отказавшему элементу сложного оборудования. Предложена методика сохранной разборки элементной базы газотурбинных компрессоров с учетом специфики условий эксплуатации и остаточного влияния на окружающую среду.

Ключевые слова: ремонт, частичная разборка, компрессора большой мощности, газовые турбины, сохранение ресурса.

УДК 621.9 : 539.3

Чисельне моделювання верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів / В.О. Иванов, В.Є. Карпусь, І.М. Дегтярьов, І.В. Павленко, В.Р. Богдан // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С.110-115. – Бібліогр.: 26 назв. – ISSN 2079-004X

В статье предложена конструкция станочного приспособления, которое обеспечивает инструментальную доступность и позволяет выполнять многокоординатную обработку деталей типа рычагов при одном закреплении. Исследования, выполненные методами численного моделирования, подтвердили, что предложенная конструкция соответствует всем параметрам точности. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния показали, что величины перемещений и напряжений, возникающих в процессе механической обработки, в предложенном приспособлении меньше, чем в стандартных приспособлениях. Выполненный модальный анализ подтвердил, что предложенное приспособление имеет значительно большую динамическую жесткость, чем стандартные приспособления. Моделирование проводилось для обработки рычагов из стали, чугуна и алюминиевого сплава. Определены зависимости перемещений и напряжений от глубины резания, которые позволяют оптимизировать процесс механической обработки.

Ключевые слова: станочное приспособление, технологический процесс, фрезерование, напряженно-деформированное состояние, напряжения, перемещения, точность, частота.

УДК 539

Трибологическая система ультразвуковой сварки пластмасс. Тестовые расчеты / С.Н. Исаков, С.И. Марусенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С. 116-118. – Бібліогр.: 10 назв. – ISSN 2079-004X

Предложен итерационный алгоритм расчета параметров процесса ультразвуковой сварки (УЗС) на базе трибологической системы, которая определяется как некая логико-математическая структура, элементами которой являются подсистемы материалов, излучения, динамики, внутреннего трения, термодинамики и собственно ультразвукового инструмента. Выработаны критерии сходимости итерационного процесса для существенно нелинейной модели УЗС. Приведены тестовые расчеты для нескольких типов сварочных рабочих наконечников.

Ключевые слова: трибологическая система, высокочастотное нагружение, ультразвуковая сварка, нелинейная математическая модель, итерационный алгоритм, критерии сходимости.

УДК 621.833.22

Прогнозирование ресурса конических передач с двояковыпукло-вогнутыми зубьями / А.В. Кузнецова, А.Н. Гнидько, Т.В. Терещенко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С.119-123. – Бібліогр.: 5 назв. – ISSN 2079-004X

Разработана методика прогнозирования ресурса конических передач с двояковыпукло-вогнутыми зубьями путем выбора рациональных параметров зацепления на основании моделирования изнашивания рабочих поверхностей зубьев. Методика основывается на двух математических моделях: модели зацепления зубьев и имитационной численной модели изнашивания зубьев. Разработано математическое обеспечение для прогнозирования ресурса конических передач с ДВВ зубьями с учетом искажения исходного профиля рабочей поверхности зубьев после каждого цикла изменения напряжений и, как следствие, изменения значений геометрических (радиусы кривизны профилей), кинематических (скорости качения и скорости скольжения) и силовых (нормальная сила в зацеплении и контактные напряжения) параметров контакта зубьев. Исследование износа зубьев проводилось на базе анализа зацепления зубчатой передачи режущей части угольного комбайна РКУ10. Результаты прогнозирования ресурса подтверждены экспериментально.

Ключевые слова: двояковыпукло-вогнутые зубья, износ, ресурс, геометрические, кинематические и нагрузочные параметры контакта.

УДК 621.9.025

Системный подход к сравнительной оценке работоспособности инструментальных материалов по стандартным регламентам стойкостных испытаний / Ю. Г. Гуцаленко // Вісник НТУ «ХП». Серія: Технології в машинобудуванні. – X. : НТУ «ХП», 2015. – No 4 (1113). – С. 124-128. – Бібліогр.: 11 назв. – ISSN 2079-004X

Рассматривается проблема сравнения эксплуатационных возможностей инструментальных материалов и режущих пластин из них. Принятая во внимание расширенная система критериев работоспособности включает скорость объемного съема, стойкость, рабочий путь резания, площадь обработанной поверхности, объемный съем. Предложена системная аналитическая модель и выполнен расчет для сверхтвердых композитов на основе кубического нитрида бора в стандартных непереключаемых режущих пластинах. Расчет выполнен в системе условий и нормативов стандартных стойкостных испытаний. Показан пример развития аналитической модели применительно к оценке рейтинга работоспособности перетачиваемых режущих пластин в условиях неоднозначности допустимого износа.

Ключевые слова: кубический нитрид бора, сверхтвердые композиты, режущие пластины, стойкостные испытания, работоспособность, рабочий путь резания, объемный съем, сравнительная оценка

УДК 620.178:539.4

Результаты исследования сопротивления усталости технических вариантов цапф задних мостов специальных транспортных средств / В. К. Лобанов, Г. И. Пашкова // Вісник НТУ

The calculation method of individual instruments cutting conditions in multicutter processing for different variants of tool changes during operation, and subject to the probabilistic nature of tool life under the specified mean time between failures is offered. The given method allows to ensure the established detail production rhythm at minimum costs, connected with the cutting tool operation, as well as to minimize other components of the technical net cost of the processing. The method is based on the study of dependence "cutting speed - resistance to end-cutting tool surface treatment", and of factors, that determine the tool blocks layout arrangements, such as cutting length of individual surfaces, working stroke length of tool block, and sizing features of processing surfaces.

Keywords: tool adjustment, tool life, cutting speed, rotating speed, mean time between failures

Diagnostics of infallibility technological system for measurement parameter of quality / N. Y. Lamnauer // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 93-95. – Bibliogr.: 11. – ISSN 2079-004X

The technical problem solved, that consists of technological systems diagnostics. The new formula for calculating the dimensionless quality parameter of technological system proposed. This formula includes the nominal values of the measured characteristics of quality engineering products. Estimates of models parameters of dimensionless quality characteristics of the technological system found. Results of the research used to create a methodology for assessing reliability of technological systems by parameters of quality. This methodology includes an assessment of the lower and upper limit of the dimensionless quality parameter. Estimates of the lower and upper limit of the dimensionless quality parameters calculated for each specific point in time and each quality parameter of the technological system. These calculations made for the proposed four models of dimensionless quality parameter of the technological system. Interpolation polynomial in the points of the upper and lower limits separately for each model proposed to construct. Minimum uptime for each parameter of quality technological system is determined. Infallibility technological system defined as the minimum of all the quality parameters suggested.

Keywords: quality, infallibility, reliability, diagnostics, technological system.

Defects formation and mechanism of the appearance delamination when drilling multilayers composite materials / G.L. Khavin // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 96-100. – Bibliogr.: 31. – ISSN 2079-004X

The physical, technological and mathematical aspects of defects when drilling of multilayer composite materials are considered. The analysis of experimental and theoretical studies of delamination and spalling in the workpiece during drilling is represented. The mechanism of occurrence of such defects and the current state of the problem of predicting their quantitative characteristics is described. The influence of different technological parameters on the reduction in the amount of defects, including delamination factor is analyzed. Destruction around the hole size increases with increasing axial force and tends to smoothing with a significant increase of the axial force. The value of defects increases with increasing hole diameter and can be assumed that a mismatch diameter will rise more quickly to its increase. The models of prediction of defects and ways to minimize them in the process of drilling are presented.

Keywords: drilling defects, layered composites, delamination during drilling.

Research of influence of efforts of fixing of cutting plate on cylindrical opening on dynamic characteristic of collapsible cup-tip tool / G. Klimenko, V. Guzenko, I. Polupan // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 101-103. – Bibliogr.: 4. – ISSN 2079-004X

Results of effort of influence of the magnitude of a force on radial surface of bore in tip on strength and dynamic characteristics of the improvement construction of collapsible cup-tip tool for treatment of wheel pairs brings in this article. Established that a significant influence of the magnitude of radial force of fastening on cylindrical surface of bore in tip exercise to hardness characteristics of construction of collapsible cup-tip tool.

Keywords: collapsible bowl-shaped chisel, cylindrical surface, inflexibility, durability, dynamic descriptions, wheel pair, cone of mounting angle.

Saving disassembly at heavy-duty gas turbine compressor reengineering / E. Konoplyanchenko, V. Kolodnenko, W. Atalawei // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 104-109. – Bibliogr.: 18. – ISSN 2079-004X

In a paper the considered questions of a machine industry hard loaded responsible products resource saving at a stage of their repair, on an example of the heavy-duty gas-turbine compressors. The main causes of failure and include the results of turbo systems. The modern concept of the rational search path to the failed element of sophisticated equipment. The technique of safe disassembly of their element base in view of maintenance specificity conditions of and residual influence on an environment is stated. Practical application of the offered approach will allow to increase quality and safety of special assignment, and introduction of the formalized technique in conditions of real manufacture will allow increase in level of efficiency and the use of available means of complex technological equipment.

Keywords: repair, selective disassembly, heavy-duty compressors, gas-turbine, resource saving.

Numerical simulation of machine equipment for machining parts such as levers / V.A. Ivanov, V.E. Karpus, I.N. Degtyarev, I.V. Pavlenko, VR Bogdan // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P.110-115. – Bibliogr.: 26. – ISSN 2079-004X

This paper proposes the fixture design that provides sufficient tool availability and allows performing a multiaxis machining of parts of levers with one fixing. Research, performed by methods of numerical simulation, confirmed that the proposed design complies with all requirements of accuracy. Results of deflected mode research show that the values of displacements and stress during machining in the proposed fixture are smaller than standard one. Modal analysis confirmed that proposed fixture has higher dynamic stiffness than standard fixtures for machining of levers. Simulations were carried out for levers machining of steel, cast iron and aluminum alloy. Dependences for displacements and stresses on the cut depth were determined, which allows to optimizing machining process.

Keywords: fixture, manufacturing process, milling, deflected mode, stress, displacement, accuracy, frequency.

Tribological system ultrasonic welding of plastics. Test calculations / S.N. Isakov, S.I. Marusenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 116-118. – Bibliogr.: 10. – ISSN 2079-004X

The process of formation of the welded joint is characterized by a complex interaction of multiple and heterogeneous factors. On the one hand, this is a complex of phenomena associated with intensive processes of friction, temperature rise in the welded materials, cracking hard and burning fat films, high ductility, micro- and macroroughnesses creasing up, the convergence of the contacting surfaces at a distance close to the interatomic, and so on. On the other hand, this is a complex of phenomena associated with the condition, the ability of the energy path to file this energy in the weld zone. An iterative algorithm for calculating the parameters of ultrasonic welding process (UWP) based on the tribological system, which is defined as a kind of logical-mathematical structure whose elements are sub-systems of materials, radiation, dynamics, internal friction, thermodynamics and proper ultrasonic tool, are developed. The criteria for convergence of the iterative process essentially nonlinear model of PSM are proposed. Among them there are the integral increment of thermal energy by tribosystem volume, the changing of spatial boundaries of tribosystem and other indicators. Test calculations for several types of workers welding tips are carried out.

Keywords: tribological system, the high loading, ultrasonic welding, non-linear mathematical model, an iterative algorithm, convergence criteria.

Resource prognostication of bevel gears with biconvex-concave teeth / A. Kuznetsova, A. Gnytko, T. Terechenko // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Technologies in mechanical engineering. – Kharkiv : NTU "KhPI", 2015. – No 4 (1113). – P. 119-123. – Bibliogr.: 5. – ISSN 2079-004X

Resource prognostication method of bevel gears with biconvex-concave teeth is developed. Resource prognostication is carried out by selecting gear rational parameters based on the modeling of teeth wear. The method is based on the two mathematical models: the model of

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

**ВІСНИК
НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
«ХПІ»**

Збірник наукових праць

Серія:
Технології в машинобудуванні

№ 4 (1113) 2015

Наукові редактори д-р техн. наук, проф. Ю.В. Тимофієв,
д-р техн. наук, проф. О.О. Клочко
Технічний редактор канд. техн. наук, доц. Є.В. Басова

Відповідальний за випуск канд. техн. наук І.Б. Обухова

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ «ХПІ».
Кафедра технології машинобудування та металорізальних верстатів.
Тел.: (057) 707-66-25; e-mail: vestms@lenta.ru.

Обл.-вид № 16–15.

Підп. до друку 28.04.2015 р. Формат 60×84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 8,0. Облік.-вид. арк. 10.
Тираж 300 пр. Зам. № 3033. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач

Видавничий центр НТУ «ХПІ». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.
61002, Харків, вил Фрунзе, 21

Друкарня ДП ХМЗ «ФЕД»

Свідоцтво про державну реєстрацію №23752352 від 23 жовтня 1995р.
61023, Харків, вул. Сумська, 132, тел. +38 (057) 719-67-82
e-mail: alina@tfed.com.ua

Іванов В. О. Чисельне моделювання верстатних пристроїв для механічної обробки деталей типу важелів / В. О. Іванов, В. Є. Карпусь, І. М. Дегтярьов, І. В. Павленко, Р. В. Богдан // Вісник НТУ «ХПІ». Серія «Технології в машинобудуванні». – Х.: НТУ «ХПІ», 2015. – № 4 (1113). – С. 108 – 113.