

Комп'ютерно-інтегровані системи проектування та виготовлення складних фасонних поверхонь на основі сучасних процесів формоутворення.

Компьютерно-интегрированные системы для проектирования и изготовления поверхностей сложной формы на основе современных процессов формообразования.

Computer-integrated systems for the design and manufacture of complex shapes based on modern generation of surface processes

- 1. Номер державної реєстрації № 0118U002071, №2108п**
- 2. Науковий керівник – д.т.н., проф. Охрименко О.А., Охрименко А.А., Oleksandr Ohkrimenko**

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.) В ході роботи на базі розробленої теорії інтерактивних способів керування формоутворенням складної поверхні: шляхом приміщення вихідної поверхні за допомогою функціональних залежностей геометрії поверхні й параметрів простору, розроблено програмне забезпечення, що інтегрується з CAD/ CAM системами, а саме програмне забезпечення «СОРТеR» для керування простором шляхом політканинних перетворень, програмне забезпечення «COSET» для керування формою складної поверхні, програмне забезпечення «APACE» для апроксимації масиву точок кривими Безье 3-го порядку, програмне забезпечення «SCOT» для визначення контактних точок функціональних поверхонь, програмне забезпечення «SAIAT» для комплексного параметричного моделювання систем і процесів формоутворення та на цій основі розроблено нові методи формоутворення гіперболоїдних зубчастих коліс, метод полірування магніто-абразивним порошком на універсальному зубофрезерному верстаті за допомогою дискового інструменту зі зміщеним центром, та розроблені основні положення формоутворення арочних зубчастих коліс. Існуюче наявне програмне забезпечення не має аналогів що розроблених програм.

Також розроблено новий метод двопроменевого лазерного формоутворення виробів з листових матеріалів, його технологічне забезпечення, що значно розширює можливості процесу та підвищує його керованість, дозволяє з високою продуктивністю виготовляти вироби складної конфігурації з листів вдвічі-втричі більшої товщини (в тому числі з важкодеформівних матеріалів), ніж при альтернативних способах обробки, дає можливість знизити металоємність конструкцій при підвищенні жорсткості, уникнути використання високовартісного спеціального устаткування, що особливо важливо в умовах дрібносерійного та штучного виробництва. Це дозволяє відмовитись від штамповочного оснащення, що складає значну вартість при виробництві таких виробів.

(рос.) В процессе работы на основе разработанной теории интерактивных способов управления формообразованием сложной поверхности: путем размещения исходной поверхности с помощью функциональных зависимостей геометрии поверхности и параметров пространства, разработано программное обеспечение, интегрирующееся с системами CAD / CAM, а именно программное обеспечение СОРТеR для управления пространством. путем преобразований полифабрик, программа «COSET» для управления формой сложной поверхности, программа «APACE» для аппроксимации массива точек кривых Безье 3-го порядка, программа «SCOT» для определения точек соприкосновения функциональных поверхностей, программа «SAIAT» для сложных Разработаны параметрическое моделирование систем и процессов формовки и на этой основе новые методы формовки гиперболоидных шестерен, метод полировки магнитоабразивным порошком на универсальном зубофрезерном станке с помощью дискового инструмента со смещенным центром, разработаны основные новые положения по формированию арочной шестерни. Существующее доступное программное обеспечение не имеет аналогов разработанным программам.

Также разработан новый метод двухлучевой лазерной формовки изделий из листовых материалов, его технологическая поддержка, существенно расширяющая возможности процесса и повышающая его управляемость, позволяет изготавливать изделия сложной конфигурации из листов в два-три раза толще (в том числе из тяжелых деформируемых материалов), чем при альтернативных методах обработки, позволяет снизить металлоемкость конструкций при увеличении жесткости, избежать применения дорогостоящего специального оборудования, что особенно актуально в условиях мелкосерийного и искусственного производства. Это позволяет отказаться от штамповочного оборудования, что требует значительных затрат при производстве такой продукции.

(eng) In the course of work on the basis of the developed theory of interactive methods of control of formation of a difficult surface: by placement of an initial surface by means of functional dependences of geometry of a surface and parameters of space, the software integrating with CAD / CAM systems, namely the COPTeR software for space management is developed. by transformations of polyfactories, the COSET program for control of the form of a difficult surface, the APACE program for approximation of an array of points of Bézier curves of the 3rd order, the SCOT program for definition of points of contact of functional surfaces, the SAAT program for difficult parametric modeling of systems and molding processes and on this basis new methods of forming hyperboloid gears, the method of polishing with magneto-abrasive powder on a universal gear milling machine using a disk tool with an offset center, developed basic new provisions for the formation of arched gears. The existing available software has no analogues to the developed programs.

A new method of two-beam laser molding of sheet materials has also been developed, its technological support, which significantly expands the capabilities of the process and increases its manageability, allows to make products of complex configuration from sheets two to three times thicker (including heavy deformable materials). than with alternative methods of processing, allows to reduce metal consumption of designs at increase in rigidity, to avoid application of the expensive special equipment that is especially actual in the conditions of small-scale and artificial production. This allows you to abandon the stamping equipment, which requires significant costs in the production of such products.

4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.

1. Салій С.С., Головко Л. Ф. Патент на спосіб № 128468 Спосіб виготовлення металевих листових композицій .– опубл. 25.09.2018 Бюл. №18

2. Головко Л.Ф. Спосіб виготовлення алюмо-сталевих біметалів при з'єднанні пластин потужним джерелом енергії; Назва охоронного документу - Висновок про видачу деклараційного патенту на корисну модель; № 14737/ЗУ/18 дата 06.06.2018

3. Головко Л.Ф. Спосіб виготовлення гнутих біметалів при з'єднанні його пластин потужним джерелом енергії; Назва охоронного документу - Заявка на корисну модель; № u2018 03319 дата 29.03.2018

4. Головко Л.Ф. Спосіб виготовлення біметалевих виробів кутового типу; Назва охоронного документу - Заявка на корисну модель; № u2018 05394 дата 15.05.2018

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Науково технічний рівень виконаної роботи відповідає світовому рівню та перевищує його за окремими показниками, Що полягає в тому, що вперше розроблено теорію інтерактивних способів керування формоутворенням складної поверхні: шляхом приміщення вихідної поверхні за допомогою функціональних залежностей геометрії поверхні й параметрів простору, що є важливим при розробці нових процесів формоутворення деталей складної форми. У порівнянні з існуючими аналогами у світовій науці дані питання комплексно не вирішувались існують тільки окремі рішення без взаємозв'язку між ними, це вперше їх було об'єднано в таке комплексне дослідження. Що до теорії формоутворення деформацією листових матеріалів за допомогою лазерного променя то на даний час ця тема не достатньо пророблена і існує мало публікацій з цього питання і їх аналіз дозволяє зробити

висновок, що ми своїми дослідженнями знаходимося на рівні а навіть і випереджаємо світових дослідників.

6. Економічна привабливість для просування на ринок.

Термін впровадження розробки складає близько 12 місяців.

7. Потенційні користувачі.

Науково-дослідні, проектно-конструкторські інститути та організації, фірми що працюють в галузі машинобудування, висловили зацікавленість даними розробками: Державне підприємство "харківський машинобудівний ЗАВОД "ФЕД, ТОВ "СПЕЦЕНЕРГОМОНТАЖ ЛТД" м.Київ, ТОВ "НІКО АВТО ІНВЕСТ", м.Київ.

8. Стан готовності розробки.

Розроблено комп'ютерно-інтегровану систему забезпечення формоутворення зубчастих коліс, яка включає такі модулі,): «APACE», що реалізує перетворення заданого математичного опису геометрії поверхонь зубців зубчастих коліс до єдиного функціонального виду; «СОРТеR» і «СОSET», що реалізують можливості інтерактивної зміни геометрії зубчастих коліс за допомогою перетворень простору і безпосередньо за допомогою керуючих уніфікованих елементів кривих, відповідно; «SCOT», що дозволяє синтезувати контактні точки робочого і верстатного зачеплень та експортувати їх в САD-системи; «SALAT», що дозволяє на підставі аналізу геометричних і кінематичних показників в точках контакту спряжених поверхонь в інтерактивному режимі синтезувати інструментальні поверхні і поверхні зубців зубчастих коліс.

Також було розроблено програмне забезпечення для користувача, які дозволяють в діалоговому режимі визначати умови лазерного опромінення металевих листів з метою високоточного (до 1' по куту) формоутворення різноманітних виробів, у том у числі циліндричної форми з довільною, або наперед заданою конфігурацією утворюючої, а також визначати умови опромінення, які забезпечують без зміни розмірів та товщини виробу (металоємності) значне підвищення його жорсткості, і, як наслідок, як мінімум двохкратне підвищення продуктивності обробки (швидкості різання).

9. Існуючі результати впровадження.

АТ Механіка, м. Київ, випробування програмних продуктів «SCOT», «SALAT» при проектуванні редукторної пари зачеплення $m=6$, $Z1=23$, $Z2=68$.

10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Механіко-машинобудівний інститут, кафедра Конструювання машин , 044-204-82-55, itm@kpi.ua. Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона, кафедра Лазерної техніки та фізико-технічних технологій, 044-204-02-77, ltft@kpi.ua.

11. Фото розробки.

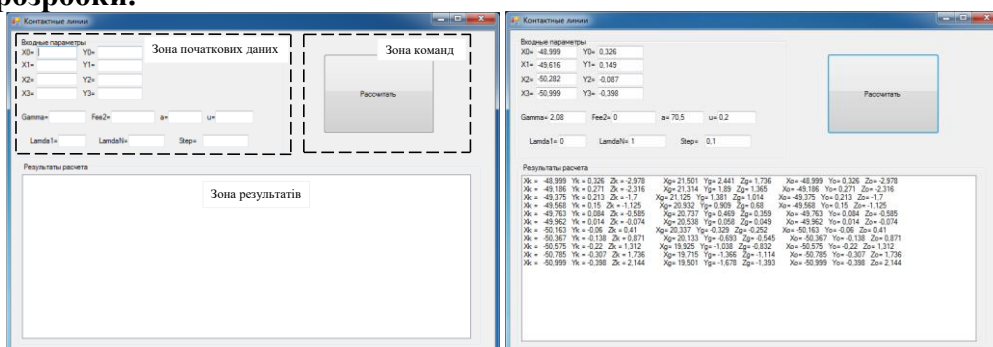


Рис. 1. Розроблене програмне забезпечення «SCOT» призначене для синтезу контактних точок функціональних поверхонь.

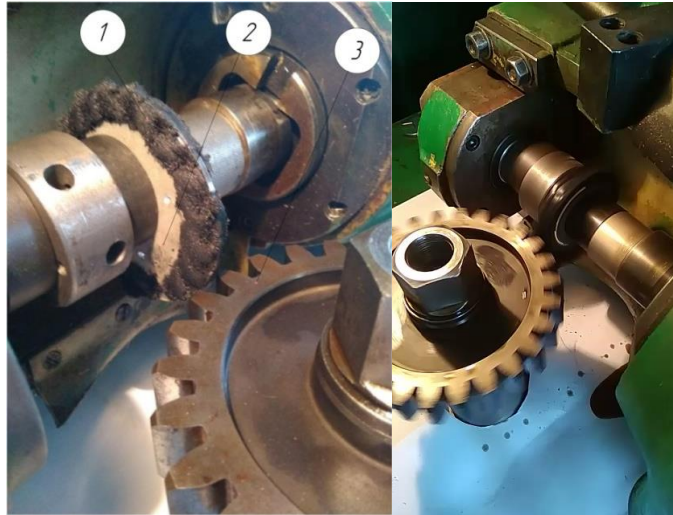


Рис. 2. Полірування зубчастих коліс магніто-абразивним інструментом: 1-порошок, 2-інструмент, 3-зубчасте колесо

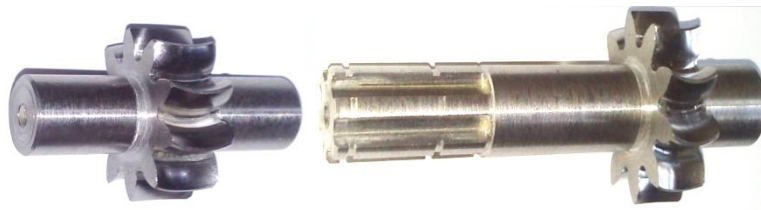


Рис. 3. Розроблена пара зубчастих коліс з арочним зубом.

Установка параметров расчета

<p>Шаг по времени (сек)</p> <p>Минимальный: 0,002</p> <p>Начальный: 0,002</p> <p>Максимальный: 0,1</p>	<p>Характеристики среды</p> <p>Температура: 20 °C</p> <p>Ниж. предел: 1100 °C</p> <p>Верх. предел: 1300 °C</p>	<p>Количество лазеров</p> <p><input checked="" type="radio"/> 1</p> <p><input type="radio"/> 2</p> <p>Характеристики I лазера</p> <p>Характеристики II лазера</p>
<p>Шаг по оси OX (мм)</p> <p>Минимальный: 0,4</p> <p>Начальный: 0,4</p> <p>Максимальный: 4</p>	<p>Характеристики металла</p> <p>Теплоемкость: 0,62 Дж / г · °C</p> <p>Плотность: 7800 кг / м³</p> <p>Теплопроводность: 0,24 Вт / см · °C</p> <p>Теплоотдача: 10 Вт / м² · °C</p>	<p>Доп. погрешность: 0,1</p> <p>Конечное время: 2 сек</p> <p><input type="checkbox"/> Постоянный шаг</p> <p><input type="checkbox"/> Принять за эталон</p> <p><input type="checkbox"/> Сравнить с эталоном</p> <p><input type="checkbox"/> Оптимизация</p> <p>Скорости</p>
<p>Шаг по оси OY (мм)</p> <p>Минимальный: 0,4</p> <p>Начальный: 0,4</p> <p>Максимальный: 4</p>	<p>Характеристики детали (мм)</p> <p>Толщина: 2</p> <p>Ширина: 20</p> <p>Длина: 20</p>	<p><input type="button" value="Закреть"/></p> <p><input type="button" value="Расчет"/></p>
<p>Шаг по оси OZ (мм)</p> <p>Минимальный: 0,04</p> <p>Начальный: 0,04</p> <p>Максимальный: 0,4</p>		

Рис. 4. Розроблене програмне забезпечення для теплового розрахунку параметрів лазерної обробки.



Рис. 5. Зразки сформовані за допомогою лазерного формоутворення.

12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. Красновид Д.О./ Проблеми механічної обробки Частина II /Д.О. Красновид, О.А. Охріменко, В.А. Пасічник, В.І. Солодкий, Д.В. Яковенко – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 220 с.

2. Головка Л.Ф. Энергозберігаючи технології зміцнення робочих поверхонь деталей машин / Л. Ф. Головка, О. В. Радько, А.К. Скуратовський, С.С. Салій //Проблеми тертя та зношування. №4(85). 2019.- С.44-52.

3. Юрчишин О. Я. Морфологический анализ конструкторско-технологических параметров высокоточных, тяжело нагруженных, крупногабаритных зубчатых реек ответственных реечных передач / Юрчишин О. Я., Охріменко А.А., Рассохин Д.А., Костик Е.А., Клочко А. А.// Наука і виробництво. №21 2019р – С.142-151

4. Охріменко О.А. Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту/ О.А. Охріменко, А.В. Мініцький, М.О. Сисоєв, Н.В. Мініцька // . Вип. 176. 2018 - С30-35.; DOI – <https://dx.doi.org/10.18664/19947852.176.2018.131255>

5. Новіков Н.Ф. Математична модель теплонапруженості процесу імпульсного переривчастого шліфування /Н.Ф. Новіков, О.О. Клочко, О.О. Анциферова, Є.В. Басова, О.А. Охріменко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні, № 6 (1282) 2018. с127-133.; Url <http://vestnik.kpi.kharkov.ua>.

6. Клочко О.О. Функціональний зв'язок умов обробки з параметрами стану поверхні зубів рейок. /О.О. Клочко, О.Я. Юрчишин, Н.В. Семінська, О.А. Охріменко// Mechanics and Advanced Technologies № 3(87) (2019) – С91-99 DOI: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2019.87.190548>

7. Combined laser-foundry manufacturing process of bimetals /Serhii Saliy, Leonid Golovko, Victor Romanenko, Alina Golovko// Mechanics and Advanced Technologies Vol 88, No 1 (2020), с.93-107. <http://journal.mmi.kpi.ua/issue/view/12288>

8. .Laser-assisted Manufacturing of CBN-contained grinding tools/ Olekii Goncharuk, Leonid Golovko, Oleksii Kaglyak //Mechanics and Advanced Technologies Vol 88, No 1 (2020), с.108-123 http://journal.mmi.kpi.ua/article/view/200770/pdf_148

9. Саленко О.Ф. Забезпечення надійності роботи алмазного інструменту. Отриманого лазерним термодформаційним спіканням, при обробці армованих вуглепластиків./, Щетиніна В.Т. Головка Л.Ф. Саленко А.О. //Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського №3, 2019.- с.147-157. DOI: 10.30929/1995-0519.2019.3.147-157

10. Kaglyak. O. Forming of plates and disks samples from austenitic stainless steel, manganese carbon steel and low carbon steel using laser heating ISSN 2521-1943. Mechanics and Advanced Technologies #3 (84), 2018; DOI - <https://dx.doi.org/10.20535/2521-1943.2018.84.134303>;

11. Кривошея А.В. Совершенствование математической и логической модели теоретического синтеза зубчатых звеньев плоских систем зубчатых зацеплений / А. В.

Кривошея, Ю. М. Данильченко, В. Е. Мельник, Б. С. Воронцов, Н. А. Долгов, Д. Т. Бабичев, Д. А. Баландин, Т. Е. Третяк// Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Машинознавство та САПР, №25 (1301) 2018 – С75-88
http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI/Press/37615/1/vestnik_KhPI_2018_25_Krivosheya_Sovershenstvovanie.pdf

Докторські дисертації

1. Комп'ютерно-інтегрована система забезпечення формоутворення зубчастих коліс, Б.С. Воронцов, дисертація на здобуття ступеню доктора технічних наук. Захист відбувся 15 травня 2018 р.

Статті у виданнях, що входять до бази Scopus (основні)

1. Development of the laserfoundry process for manufacture of bimetals / L. Golovko, S. Sali, M. Bloschchytyn, W. Alnusirat // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, № 4/1 (94) 2018. - p.47 - 54. (Scopus). <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/139483>.

2. Surface hardening and finishing of metallic products by hybrid laser-ultrasonic treatment / Dzhemelinskyi V., Lesyk D., Goncharuk O., Danyleiko O. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. Vol. 1, Issue 12 (91). P. 35–42. doi: 10.15587/1729-4061.2018.124031 (<http://journals.uran.ua/eejet/issue/view/7253>).

3. Lasers in Manufacturing and Materials Processing: Laser sintering of abrasive layers with inclusions of Cubic boron nitride grains / Goncharuk O., Zhuk R. O., Kaglyak O. D., Dzhemelinskyi V., Lesyk D., // Lasers in Manufacturing and Materials Processing. 2018. ISSN 2196-7229 DOI 10.1007/s40516-018-0068-0.

4. Shvets A.Y., Sirenko V.O. Scenarios of transitions to a hyperchaos in nonideal oscillating systems //Nonlinear Oscillations, 2018, 21 (2), pp. 284-292. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10958-019-04543-z>.

13. Ключові слова. Зубчасті колеса, геометричні параметри формоутворення, лазерне деформування, лазерна обробка