

УДК 621.81.001.66(075.8)

Васильків В. В.

НОВІ СПОСОБИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ШИРОКОСМУГОВИХ ГВИНТОВИХ ЗАГОТІВОК З ЛИСТОВОГО ПРОКАТУ

Для сучасного вітчизняного і зарубіжного машинобудування характерне розширення області використання гвинтових робочих органів. Підтвердженням цього є помітна тенденція до зростання обсягу та номенклатури таких деталей у харчовій та переробній промисловості, сільськогосподарських машинах, технологічному обладнанні тощо. Основним елементом таких робочих органів є спіралі, які часто мають значну ширину витка (широковиткові спіралі) та складну геометричну форму. Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені розробці нових конструкцій та виробництву таких спіралей, рівень технологічного забезпечення їх виробництва в нашій державі та за її межами залишається недостатньо високим. Тому вирішення наукового завдання, яке полягає в розробці нових конструкцій гвинтових робочих органів та технологій виготовлення їх основних елементів – широковиткових спіралей на основі принципів автоматизації виробництва, використання математичного і комп'ютерного моделювання є актуальним, доцільним, значущим і перспективним для машинобудівної галузі України та інших держав.

Аналіз існуючих технологій.

За роки науково-технічної революції створено нові конструкції гвинтових робочих органів [1–3]. Основні відомі технологічні маршрути їх виробництва є такими [4]: М1 – виготовлення кільцевих секторів штампуванням з наступним їх зварюванням і розтягуванням на крок; М2 – вальцювання смугових заготовок; М3 – штампування кільцевих секторів і їх вальцювання з наступним зварюванням секцій, М4 – виготовлення спіралі із заготовки, яка кристалізується із розплавленого металу; М5–М11 – виготовлення навивних спіралей за допомогою різних методів і способів; М12 – виготовлення спіралі шляхом вирубування у стрічковій заготовці вікон з наступним навиванням та калібруванням одержаної заготовки; М13 – виготовлення спіралей шляхом вирубування у стрічці вікон, та її подальшого вальцювання валками; М14 – спеціальні технології виготовлення спіралей: гофрування конічними зубчастими валками початкових смугових заготовок; вирізування із листового прокату плоских спіралей (n-центроїдних, Корню та ін.) з наступним розтягуванням витків на крок та ін. Основними недоліками таких технологій є: а) низька продуктивність праці, висока працемісткість (особливо для М1 і М3); б) складність виконання спіралей з мінімальними внутрішніми діаметрами $d = 10\text{--}40$ мм; в) відносна складність операцій калібрування на крок і одержання ГЗ підвищеної жорсткості (М4, М5–М11); г) застосування потужного, спеціального, складного і вартісного устаткування (М2–М4, М13); д) наявність технологічних обмежень за пластичністю матеріалу (співвідношення довжин зовнішнього і внутрішнього країв пов'язані з особливостями процесів формотворення) через значну величину пластичної деформації у процесі формування крокової спіралі (М2, М5–М11, М13); е) складність виготовлення гвинтових робочих органів складної конфігурації (фасонних, профільних, ребристих тощо).

Метою роботи є створення нових конструкцій гвинтових широковиткових робочих органів та розробка технологічних процесів їх автоматизованого виробництва.

Робота виконана у відповідності із завданнями досліджень за планами й фінансуваням Міністерством освіти і науки України науково-дослідних робіт ВУЗів України у рамках проекту № Ф25.4/190 «Система автоматизованого уніфікаційного синтезу високоефективних технологічних інновацій» (№ ДР 0107U009227) (грант Державного фонду фундаментальних досліджень МОН України).

В результаті проведених досліджень розроблено ряд нових способів виготовлення широкосмугових гвинтових заготовок. Так широкосмугові гвинтові заготовки можна виготовляти наступним способом (рис. 1).

Із листового прокату вирізуванням одержують плоску заготовку у вигляді профільної смуги, що містить послідовно з'єднані по торцях 1 кільцеві сегменти 2, при цьому зовнішня крайка кожного наступного кільцевого сегмента розміщена зі сторони внутрішньої крайки 4 попереднього. Після цього здійснюють виконання прорізів 5 з кожного кінця 6 спільної частини торця 1 до перетину з осью прямою 7, яка перпендикулярна до спільного торця 1 і рівновіддалена від його кінців. Вирізування профільної смуги і виконання прорізів може здійснюватися на висічних ножицях, устаткуванні лазерних розкрійних комплексів, штампах, тощо. Формування витків гвинтової спіралі здійснюють шляхом повертання суміжних кільцевих сегментів назустріч один одному в напрямку M відносно осьової прямої 7 на 180° до суміщення їх торців 1.

В результаті цього удержується плоский виток гвинтової заготовки із вікнами 8. Форма вікна залежить від форми прорізи 5.

Формування таких витків гвинтової спіралі може здійснюватися на штампах за допомогою спеціальних пристосувань.

Після цього здійснюють за відомими схемами калібрування витків гвинтової спіралі на крок до утворення гвинтової заготовки 9 із необхідним кроком і діаметральними параметрами її витків. На рис. 2 представлено загальний вигляд технологічних заготовок при виготовленні ширококутових гвинтових заготовок.

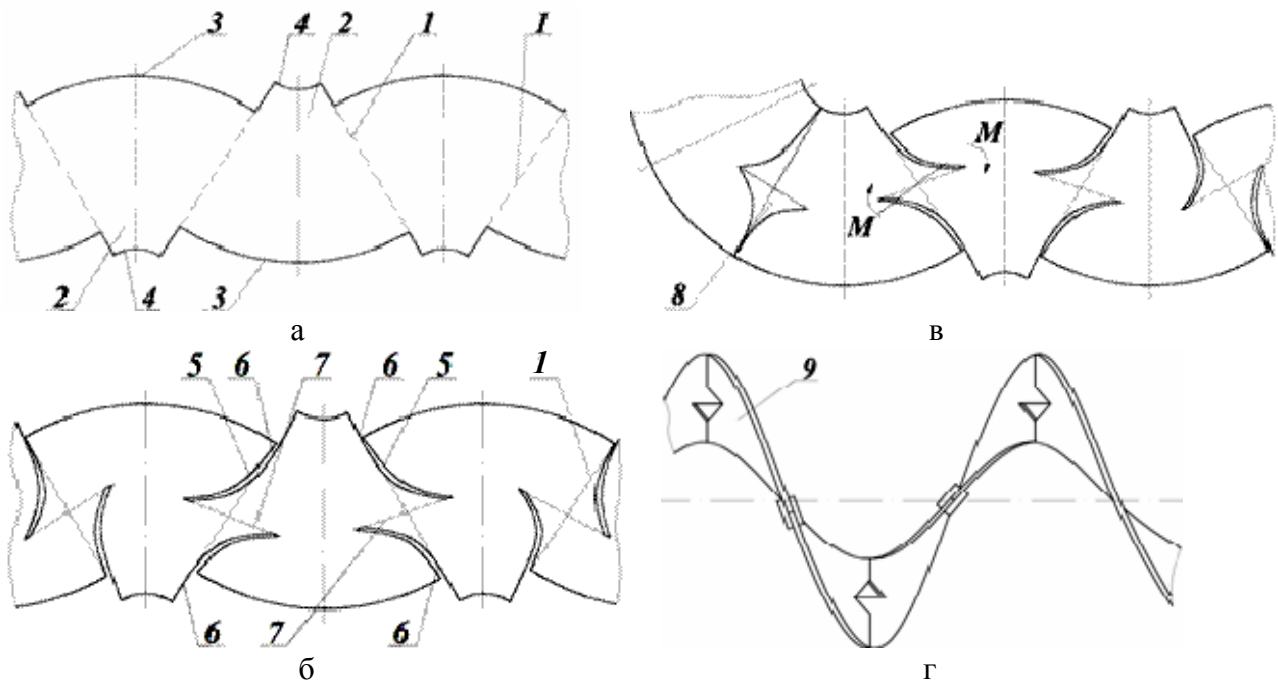


Рис. 1. Схеми технологічних заготовок за етапами їх формування:

а – початкова заготовка; б – проміжна заготовка з прорізами; в – профільна смуга після повертання першого кільцевого сегменту; г – гвинтова заготовка

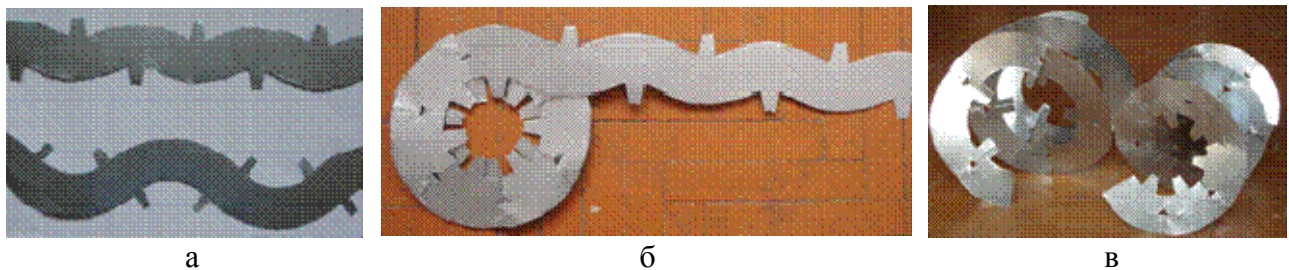


Рис. 2. Загальний вигляд технологічних заготовок:

а – початкова заготовка; б – заготовка при формуванні суцільного пакету гвинтової заготовки; в – гвинтові заготовки після калібрування на крок

Прикладом використання таких заготовок є безвалова конструкція спіралі шнекового конвеєра із паралельним і косим розміщенням несучих штирів відносно осі спіралі (рис. 3). Отвори під штирі утворюються на попередній стадії виготовлення спіралі. Виток на штирях фіксується за допомогою спеціальних муфт.

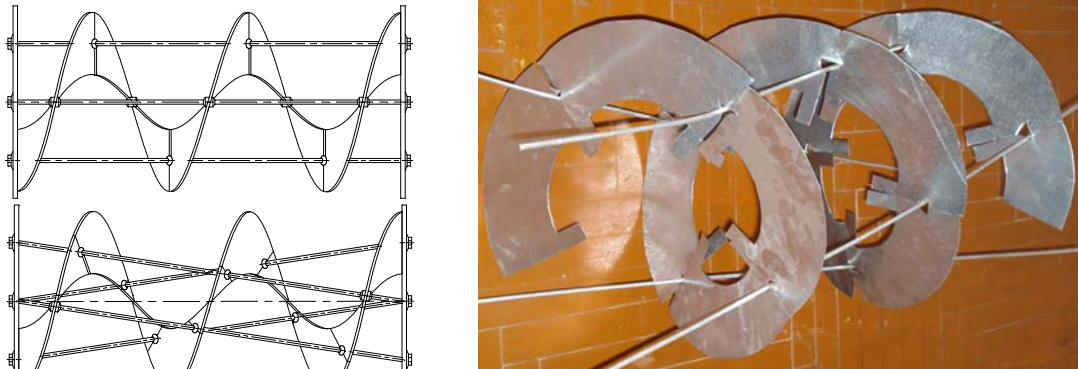


Рис. 3. Спіралі шнекового конвеєра із паралельним і косим розміщенням несучих пруткових елементів відносно осі спіралі

Інший спосіб виготовлення широкосмугових гвинтових заготовок передбачає утворення ребер жорсткості (рис. 4, 5).

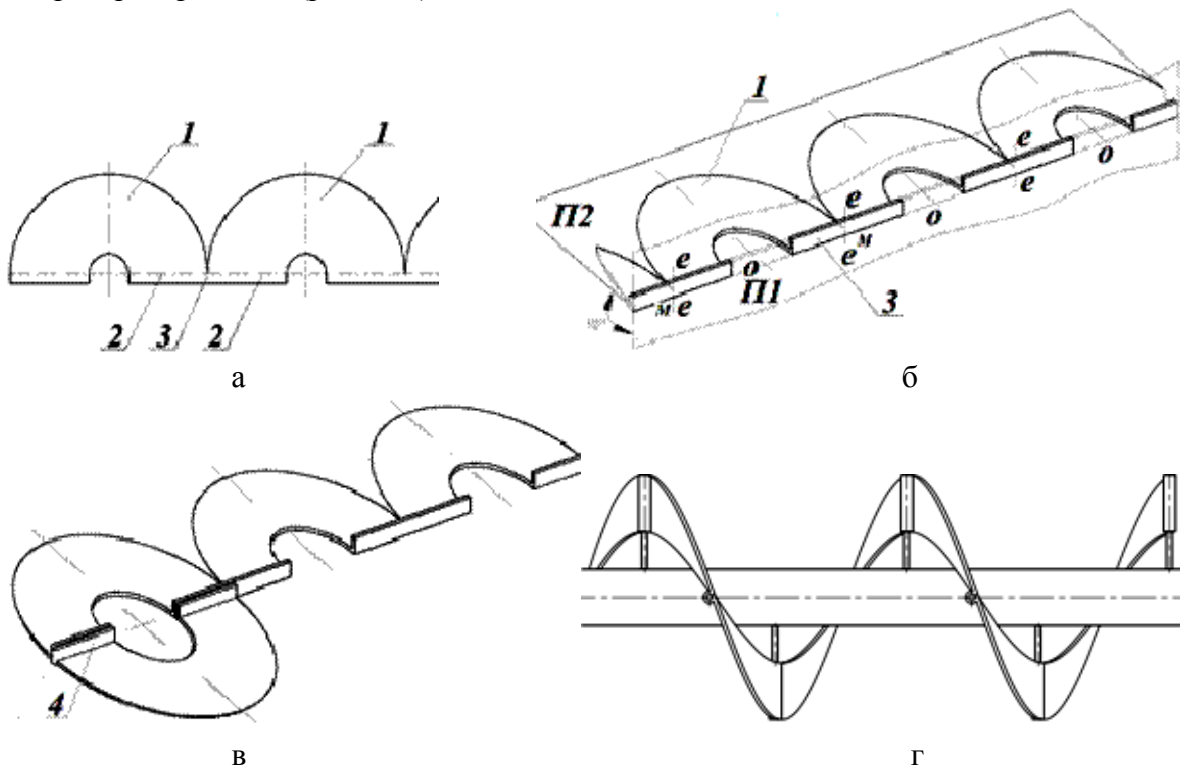


Рис. 4. Схеми технологічних заготовок за етапами їх формоутворення:

а – початкова заготовка; б – проміжна заготовка з відігнутими перемичками; в – профільна смуга після провертання першого кільцевого сегменту (після формування першого витка гвинтової заготовки); г – стрічковий гвинтовий робочий орган з ребрами жорсткості, які є елементами кріплення пруткових елементів до вала

З листового прокату вирізують зубчасту заготовку, яка складається із профільних пластин, виконаних у вигляді кругових півкілець 1, з'єднаних по торцях 2 перемичками 3.

Після цього здійснюють відгинання перемичок 3 до їх розміщення у площині П1, перпендикулярній до площини П2, у якій розміщені кругові півкільця 1. Потім здійснюють формування витків гвинтової заготовки шляхом послідовного згинання кожної перемички відносно прямих $e-e$, кожна з яких проходить через точки (наприклад, М), які рівновіддалені від центрів 0

сусідніх кругових півкілець. Згин здійснюють до суміщення сусідніх торців 2 таких кругових півкілець. Внаслідок цього утворюється ребро жорсткості 4. За необхідності перемички ребер жорсткості скріплюють клепоким, болтовим чи іншим з'єднанням, а також може здійснюватись відгинати до суміщення з поверхнею витка з наступним нанесенням на поверхню полімерного матеріалу до утворення гладкої поверхні. Згинання перемички і формування витків гвинтової заготовки можна здійснювати на штампах.

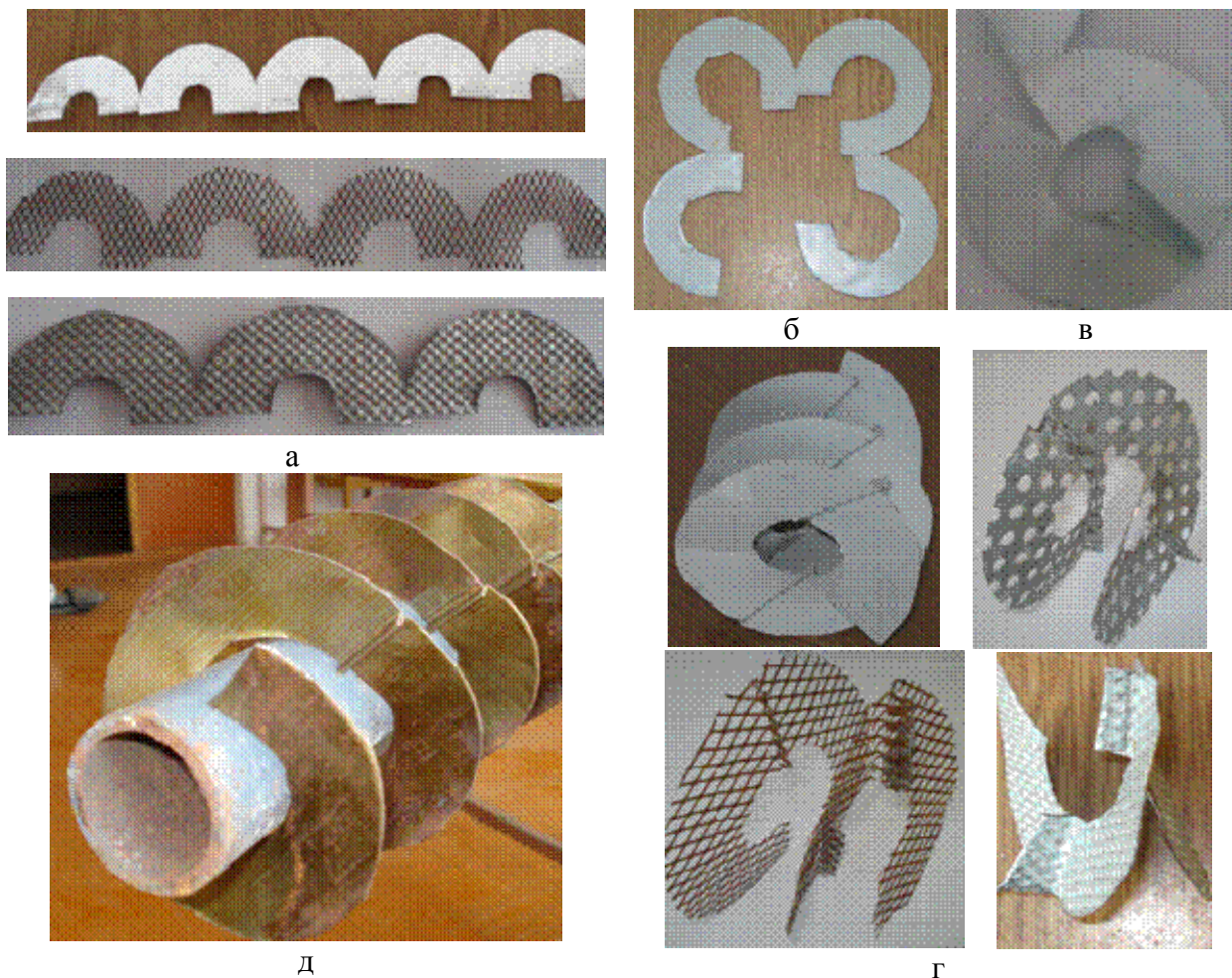


Рис. 5. Загальний вигляд технологічних заготовок:
 а – початкові заготовки; б – варіант виконання початкової заготовки; в – заготовка після формування першого витка; д, г – гвинтові заготовки після калібрування на крок

Одержані витки гвинтової заготовки калібрують на крок до утворення ширококутної гвинтової заготовки із необхідним кроком.

Інший спосіб виготовлення ширококутних гвинтових заготовок проілюстрований на рис. 6 і 7. Такий спосіб реалізується наступним чином.

Із листового прокату вирізують по контуру 1 профільну багатовиткову стрічкову спіраль 2, яка складається із кільцевих сегментів 3, з'єднаних по торцях 4 перемичками 5.

Вирізування може здійснюватись на висічних ножицях, лазерних установках, наприклад, за допомогою апарата електроплазмового різання «Київ – 4М» (Виробництво Інституту електрозварювання імені Є. О. Патона НАН України). Вирізування здійснюють, як правило, за один прохід плазмовим паяльником по розмітці.

Огинаючою спіраллю 6 до профільної багатовиткової стрічкової спіралі 2 може бути спіраль Архімеда, Корню, логарифмічна спіраль, евольвента кола, n – центроїдні завитки, тощо.

Після цього здійснюють формування витків заготовки шляхом формування гофр 7 змінної висоти на кожній перетинці 5 і його стискання поворотом суміжних кільцевих сегментів 3 на зустріч один одному в напрямку M до утворення стисненого гофра 8.

Висота гофра 8 виконана зростаючою в напрямку від зовнішньої 11 до внутрішньої 12 крайки кільцевого сегменту 3.

Формування гофрів і їх стискання здійснюють на штампах із профільним пуансоном і рухомими матрицями за відомими способами.

В результаті формування витків одержується гвинтова заготовка 13 з кроком витків спіралі не меншим за максимальну висоту гофра 8.

Потім здійснюють за відомими схемами розтягування витків на крок (наприклад, за допомогою оправки і вильчастих роликів) до утворення гвинтової заготовки із необхідним кроком і діаметральними параметрами витка.

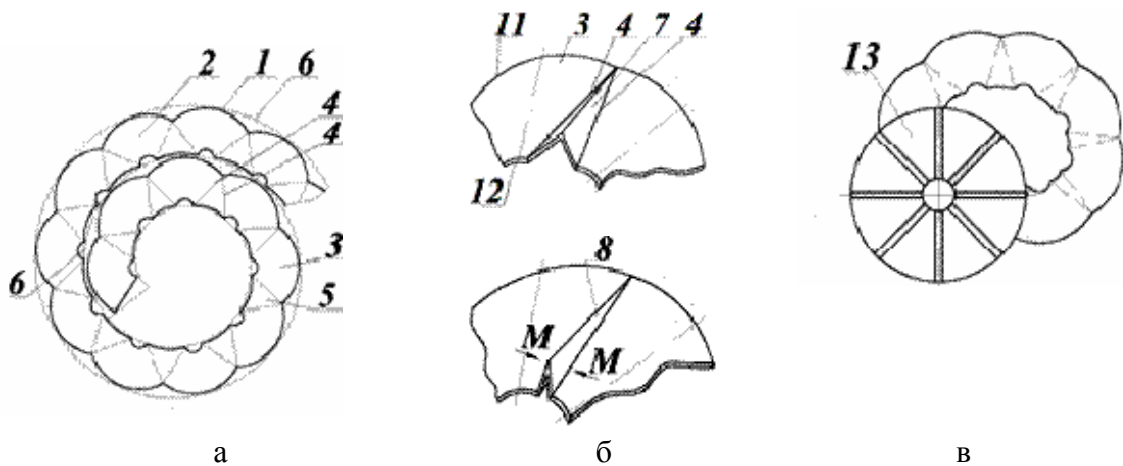


Рис. 6. Схеми технологічних заготовок за етапами їх формоутворення:

а – форма розкрою плоскої заготовки; б – форма гофра змінної висоти між суміжними сегментами та форма гофра після стискання між суміжними сегментами; в – вигляд профільної багатовиткової стрічкової спіралі у процесі формоутворення витків гвинтової заготовки

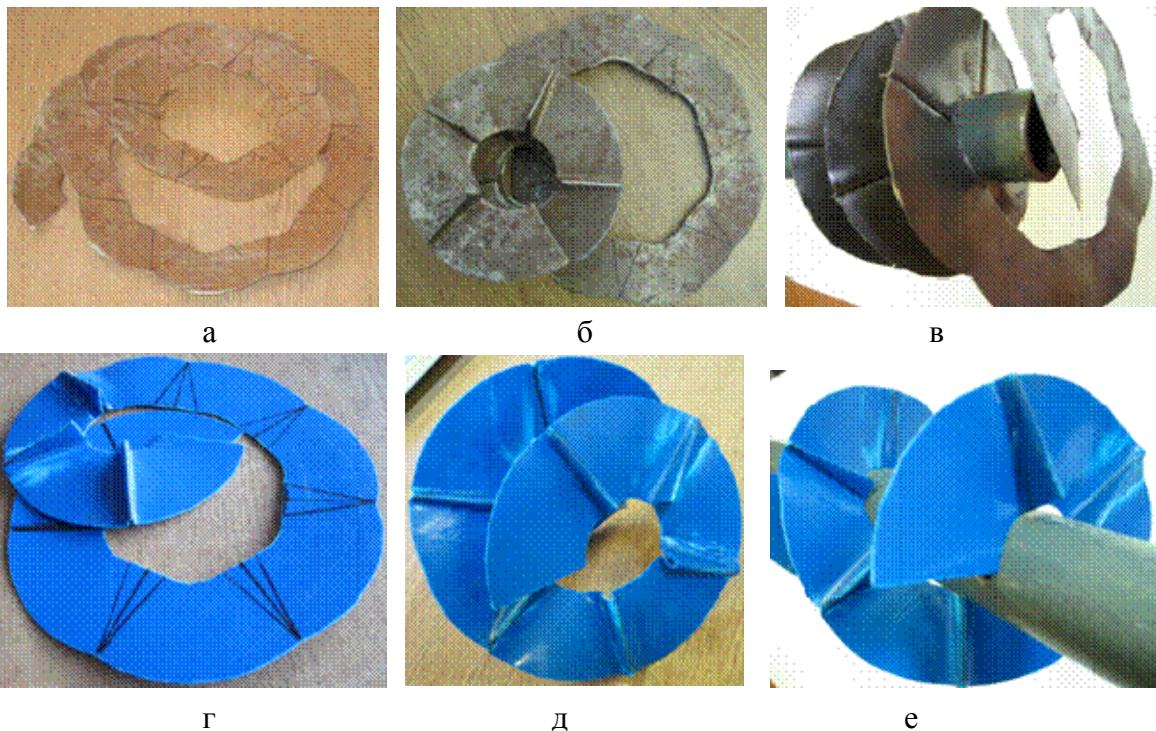


Рис. 7. Загальний вигляд технологічних заготовок:

а – початкова заготовка; б, г – технологічні заготовки з металічних (б) і полімерних термопластичних (г) матеріалів при формоутворенні витків; д – гвинтова заготовка з полімерного матеріалу після калібрування на крок; в, е – гвинтові заготовки зі сталі (в) і полімерного матеріалу (е), розміщені на оправі технологічного пристосування для формування витків

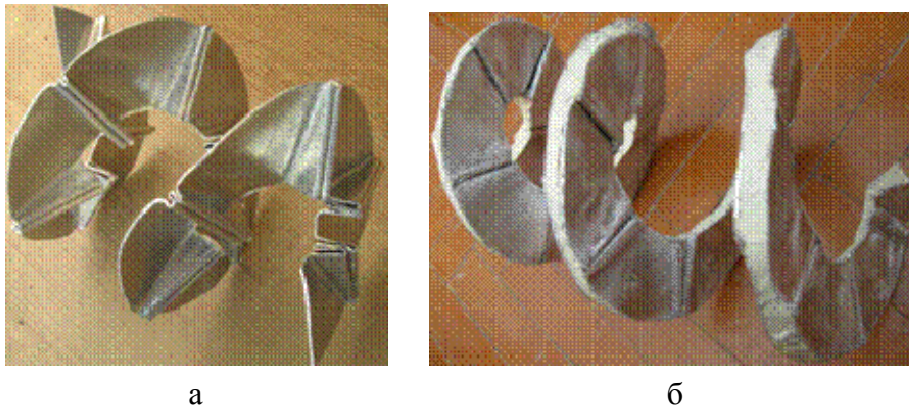


Рис. 8. Загальний вигляд гвинтових заготовок:

а – гвинтова заготовка з подвійним ребром жорсткості; б – пружна гвинтова заготовка, виток якої складається з двох спіралей з ребрами жорсткості, розміщеними в поліуретані всередині витка

Виготовлення гвинтових заготовок можна здійснювати як з металічних (Ст. 3, 08кп, дюралюмій Д16М тощо), так і полімерних матеріалів (80A01 NC010, твердість по Шору 80А, 90A01HS BK001 – 90А тощо).

З метою зменшення ширини ребер жорсткості, гофри можна виконувати подвійними (рис. 8, а). Для підвищення стійкості гвинтових заготовок і гладкості робочих поверхонь, спіралі можна виконувати складеними (рис. 8, б), з ребрами жорсткості, розміщеними всередині витка. При цьому, міжвитковий простір, у якому розміщені такі ребра можна заповнювати полімерними матеріалами.

Таким чином можна одержати циліндричні гвинтові заготовки постійного кроку з підвищеною жорсткістю витків.

ВИСНОВКИ

Запропоновано нові способи формоутворення ширококутових гвинтових заготовок. Способи можуть бути ефективно реалізовані в умовах автоматизованого виробництва на основі використання стандартного технологічного устаткування. Гвинтові заготовки характеризуються підвищеною жорсткістю, незначними зусиллями їх формоутворення, мінімальним внутрішнім радіусом витка $r \in [0; 500]$; відношенням висоти витка до його товщини (питомою висотою) від 5 од., кутом нахилу гвинтової лінії в межах $4-85^\circ$, коефіцієнтом кроку витка $0,1-0,75$ од., коефіцієнтом технологічної складності виготовлення $0,1-0,65$, коефіцієнтом використання матеріалу $75-95\%$. Рівень технологічності за матеріаломісткістю та відносна стійкість профілю ГЗ, порівняно з штампованими заготовками, складає відповідно $0,25-1,0$ і $1,0-3,8$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пилипець М. І. Науково-технологічні основи виробництва навивних заготовок деталей машин : дис... д-ра техн. наук : 05.02.08 / М. І. Пилипець. – Львів, 2002. – 445 с.
2. Пилипець М. І. Класифікація профілів гвинтових заготовок за геометричними формами / М. І. Пилипець, В. В. Васильків, Д. Л. Радик, О. М. Лясота // Вісник Інженерної академії України. – К : МВС України. – 2007. – Вип. 1. – С. 88–99.
3. Данильченко Л. М. Технологічне забезпечення точності формоутворення витих заготовок : дис... канд. техн. наук : 05.02.08 / Л. М. Данильченко. – Львів, 2000. – 175 с.
4. Васильків В. В. Автоматизована лінія для виробництва широкополосних винтових заготовок підвищеної жорсткості / В. В. Васильків, О. М. Лясота, Б. Т. Бригадир // Труды IV Международной научно-технической конференции «Современные проблемы машиностроения». – Томск : ТПУ. – 2008. – С. 643–647.

Васильків В. В. – канд. техн. наук, доц. ТДТУ ім. І. Пулюя.

ТДТУ ім. І. Пулюя – Тернопільський державний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль.

E-mail: VasylykivV@rambler.ru