

УДК 621.81.001.66(075.8)

Васильків В. В.

ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ГВИНТОВИХ ГОФРОВАНИХ ЗАГОТОВОК

Деталі машин, одержаних з гвинтових гофрованих заготовок (ГЗ) набувають усе більшого використання у різних галузях промислового виробництва. Підтвердженням цього є помітна тенденція до зростання обсягу та номенклатури таких деталей, які використовують в якості: робочих органів гвинтових змішувачів, подрібнювачів, грануляторів, шнекових транспортерів у будівельній, харчовій та переробній промисловості, сільськогосподарському машинобудуванні; гвинтових елементів теплообмінних апаратів (холодильні установки, апарати повітряного охолодження, калорифери, радіатори, теплоенергонагрівачі тощо) в нафтохімічній, газовій, енергетичній промисловості, в холодильному машинобудуванні та інших галузях, які використовують теплообмінні процеси; витих (стрічкових) магнітопроводів роторів електричних машин, трансформаторів в енергетичному та електротехнічному машинобудуванні тощо [1–3].

Наявність гофрів у ГЗ у порівнянні із звичайними гвинтовими заготовками сприяє підвищенню площі поверхні витка, що важливо у процесах теплообміну, а також жорсткості та міцності з'єднання з опорним елементом та зумовлює широке їх використання в якості армуючих елементів гвинтових заготовок, одержаних з використанням полімерних матеріалів.

Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені виробництву таких заготовок, рівень технологічного забезпечення їх виробництва в нашій державі та за її межами залишається недостатньо високим, а наукова база для його створення не завжди відповідає сучасним вимогам. Тому вирішення наукового завдання, яке полягає в розробці нових технологій виготовлення ГЗ з початкових стрічкових і листових заготовок є актуальним, доцільним, значущим і перспективним для машинобудівної галузі України та інших держав.

Розробці та дослідженню технологій виготовлення ГЗ присвячені праці А. З. Журавльова, Н. А. Івченко, Г. Н. Баклаг, Б. М. Гевка, М. І. Пилипця, Р. М. Рогатинського, А. П. Драгана, А. С. Дячуна та ін. вчених. Однак існуючі технічні рішення не забезпечують постійно зростаючих вимог до збільшення питомої висоти (відношення висоти витка до його товщини) при одночасному зменшенні внутрішнього та збільшенні зовнішнього діаметрів витків ГЗ, а також продуктивності їх виробництва.

Метою роботи є системний аналіз та класифікація способів виготовлення ГЗ, а також розробка ефективної технології виготовлення таких заготовок методом прокатування.

Найчастіше гофроутворення, яке є дефектом поверхонь при виготовленні негофрованих ГЗ (рис. 1), виникає у випадку: а) недостатнього підтискання внутрішньої крайки витка у зоні згинання стрічки при виготовленні таких заготовок методом навивання (спірального навивання на ребро); б) неузгодженості швидкостей і неправильного режиму деформації при виготовленні методом прокатування. Такі гофроутворення призводять також до поздовжніх і поперечних розривів витків.



Рис. 1. Гвинтові заготовки з гофрама на внутрішніх крайках витків:
а – навивні заготовки; б – прокатна заготовка

У процесі виготовлення ГГЗ такі гофри є бажаними тому їх утворення необхідно інтенсифікувати та регулювати з метою попередження виникнення поздовжніх і поперечних розривів витків. Розміри гофрів визначаються їх параметрами і залежать від режиму деформації, а також від форми перерізу на внутрішній або на зовнішній крайках витка.

Найчастіше такі заготовки можна одержати при використанні схем навивання та прокатування, які представлені на рис. 2, а–г. Тут і далі на рисунках позначено: 1, 2, 3 – формуючі або опорні елементи: валки, ролики, планки, матриці, пуансони, калібри; 4 – оправа; 5, 6 – гофроформувальні елементи (валки, матриці, пуансони); 7, 8 – калібрувальні гофроформувальні елементи; 9 – смуга; 10 – ГГЗ; 11 – направляючі елементи спіралі.

Одержання ГГЗ інколи здійснюють шляхом формування гофрів на кільцевих заготовках шляхом витяжки за допомогою пуансона і матриці (рис. 2, д) з наступним розрізанням по радіусу і розтягуванням на крок до утворення секційної заготовки, яку потім зварюють з іншими заготовками. Більш продуктивним є спосіб формування гофрів на смугових заготовках згідно схеми рис. 2, е.

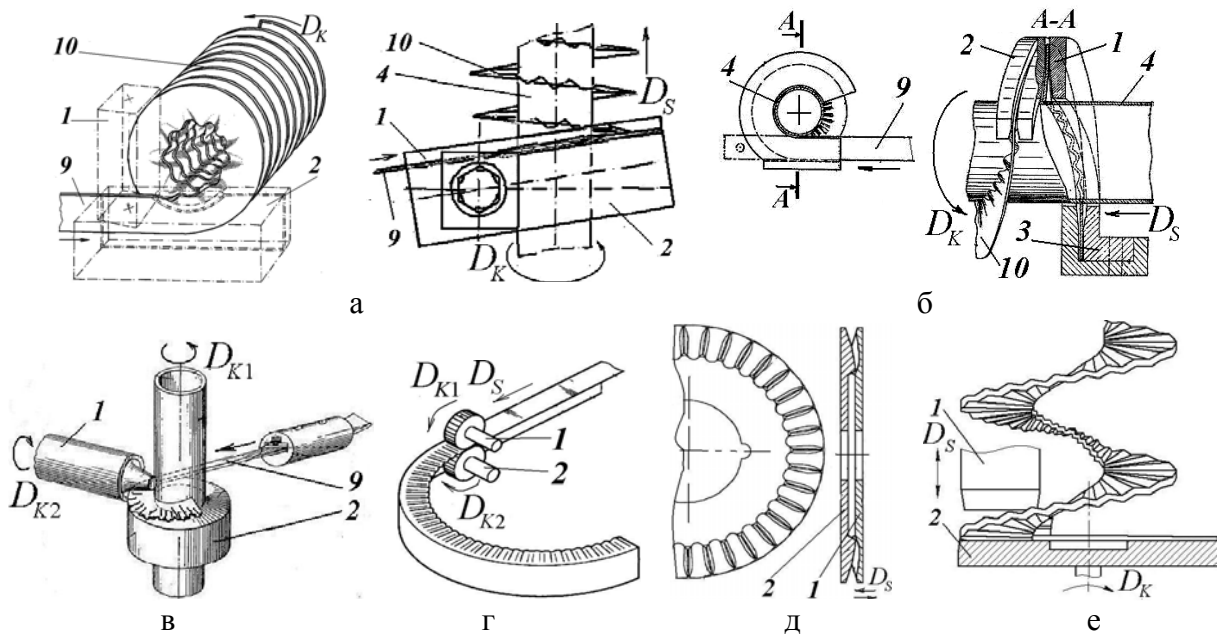


Рис. 2. Схеми формоутворення ГГЗ:

а – автор – Dicran Davit Cheridjian (Пат. №DE633137); б – автор – Gottfried Wegelin (Пат. № DE401868); в – автор – Gottfried Wegelin Everett Chapman (Пат. №US2812794(A)); г – фірми «SAMJUNG PACKING & ALUMINUM CO» (Південна Корея); д – фірми «FIN TUBE TECHNOLOGY CO LTD» (Південна Корея); е – автор – інженер Ізак Яков Муаров (Пат. № BG36092)

Основними схемами формоутворення ГГЗ є утворення на смугових заготовках гофрів, як із різними, так і однаковими кутами розхилу ε і γ відповідно зі сторони зовнішньої і внутрішньої крайок витка (рис. 3, а). Для цього можуть використовуватись різні конструкції смугових заготовок (рис. 3, а–в). Для збільшення радіусу згинання смуги часто прагнуть, щоб тільки з одного боку стрічки утворилися гофри а торець іншого боку залишився рівним.

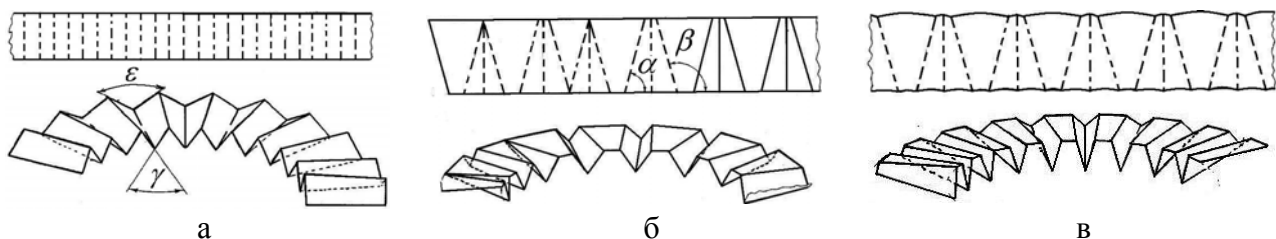


Рис. 3. Схеми початкових заготовок (штрих пунктирними лініями позначено лінії згинання), а також відповідні розгортки витків ГГЗ, одержаних із таких заготовок

Найпродуктивнішими способами формування ГГЗ є: а) навивання на ребро на оправи гофрованих смуг (одержання навивних ГГЗ) (рис. 4), яке здійснюють як правило на токарних і затилувальних верстатах або спеціальних установках; б) асиметричне обтискування гладких смуг між формувальними ортогональними або не ортогональними валками із зубчастими робочими поверхнями, яке здійснюють на універсальних токарних верстатах або спеціальних установках (рис. 5); в) навивання на ребро та одночасне асиметричне обтискування смуг між формувальними валками із профільними робочими поверхнями (рис. 6); г) згинання на ребро гофрованих смуг на трьох або чотирьохвалкових згинальних машинах (рис. 7); д) прокатування або кування гофрованих смуг (асиметричне обтискування гофрованих смуг між формувальними інструментами, робочі поверхні яких можуть бути гладкими або зубчастими та утворюють між собою клиноподібну щілину).

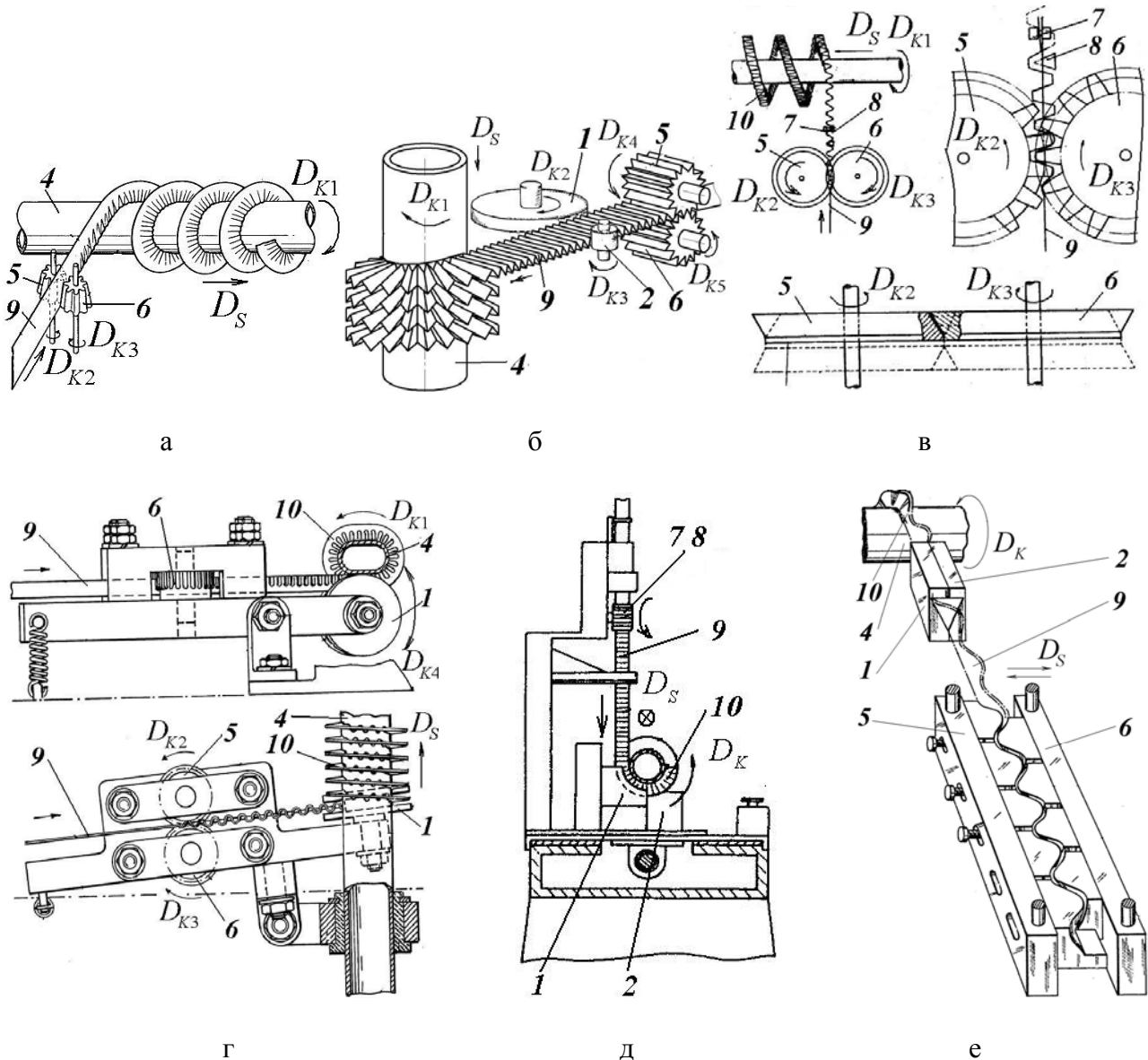


Рис. 4, лист 1. Схеми формування навивних ГГЗ:

а – фірми «SHOWA ALUMINIUM CO LTD» (Японія) та Ростовського машинобудівного заводу (Росія); б – фірми «INST FRANCAIS DU PETROLE» (Франція); в – автори – Yanosu Bodasu та Agurato Wakai (Японія) (Пат № JP48067834); г – фірми «KUEHNI APPARATEBAU AG» (Швейцарія); д – фірми «UCHIYAMA SHIYOUKAI KK» (Японія); е – автор – Leg Rand Pierre (Пат. №FR1604823);

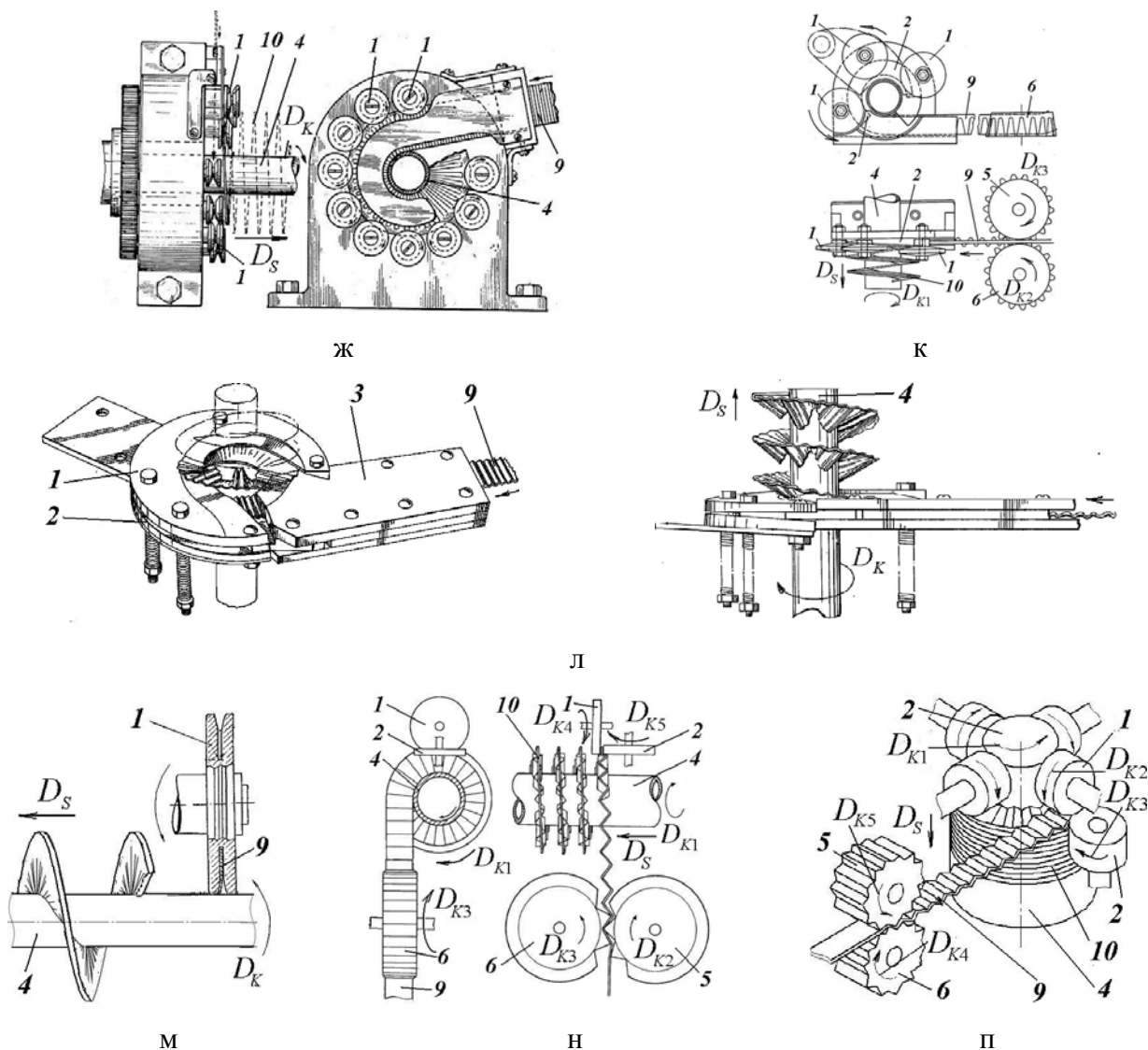


Рис. 4, лист 2. Схеми формоутворення навивних ГГЗ:

ж – фірми «JANDOR INC» (США); к – автор – Heinrich Dorndorf (Великобританія) (Пат. №№ GB334467, US1775555); л – автор – Mathwig Richard (Пат. № US4085491); м – автор – Vicard Pierre-Georges (Пат. №FR988026); н – фірми «FUJIKURA LTD» (Японія); п – автори: В. М. Петров, В. М. Павленко, В. Г. Стогов, Л. В. Сахаровський, А. І. Увакін (А. с. СРСР № 924768)

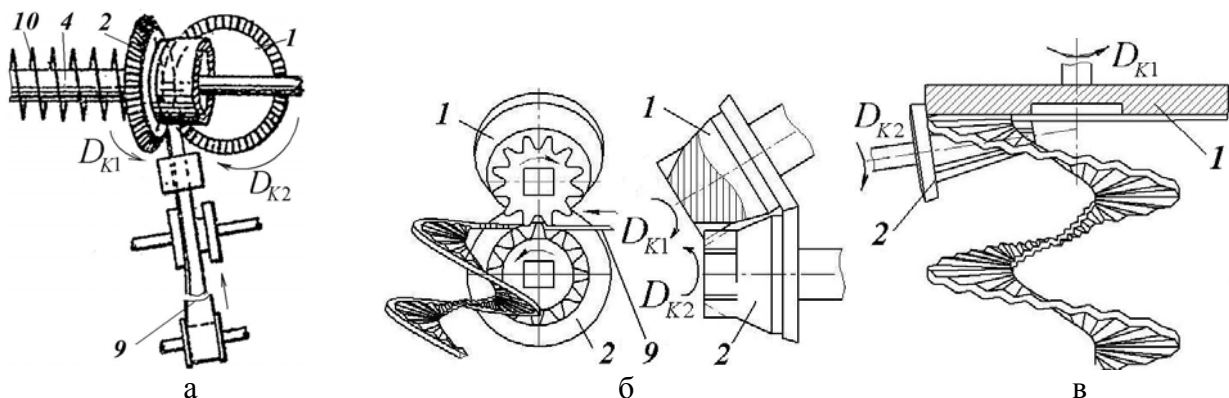


Рис. 5. Схеми формоутворення ГГЗ способом асиметричного обтискування гладких смуг між формувальними валками із зубчастими робочими поверхнями:
а – спосіб фірми «BUNDY TUBING CO» (США); б – автори – В. Г. Короткевич і В. І. Данілов (А. с. СРСР № 814535); в – автор – А. П. Драган (Пат. України № 8430, [3])

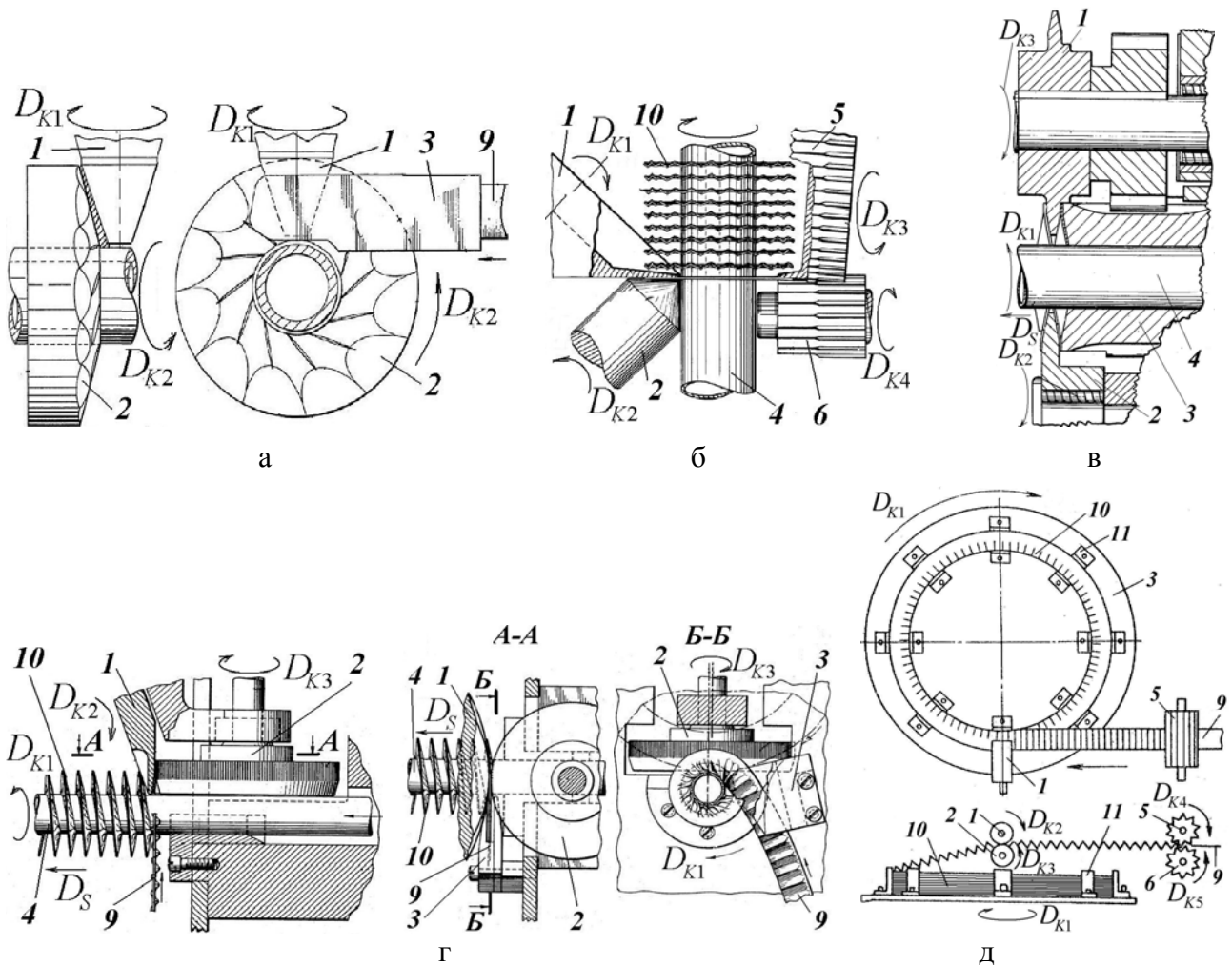


Рис. 6. Схеми формоутворення ГГЗ шляхом навивання на ребро та одночасного асиметричного обтискування смуг між формувальними валками із профільними робочими поверхнями:

а – фірми «HOWEL & COMPANY LIMITED» (Великобританія) ; б – автор – Stikeleather Robert (Пат. №US3247696); в – фірми «SLEEPER & HARTLEY INC» (США); г – фірми «MERCHANT & EVANS COMPANY» (США); д – автор – А. І. Михайлов (А. с. СРСР № 792319А1)

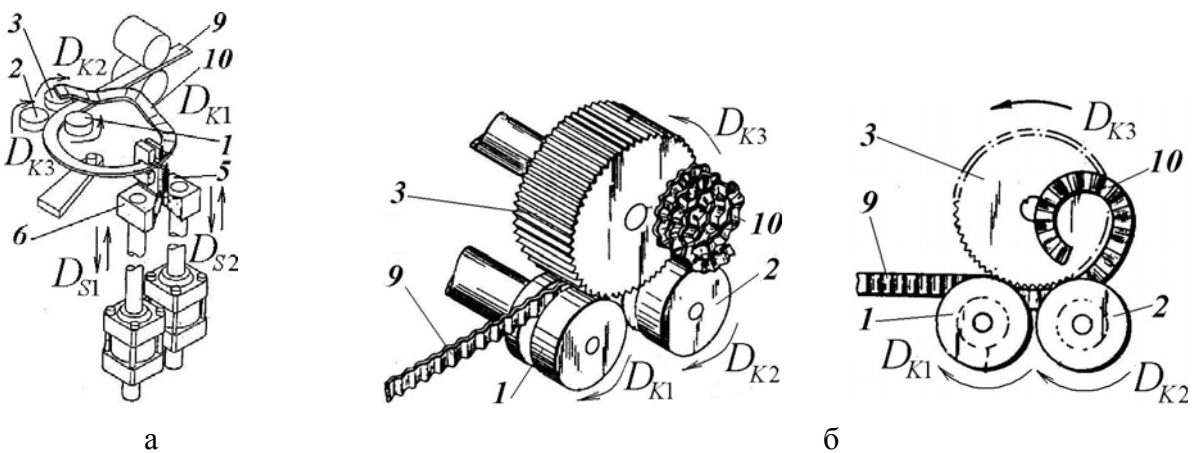


Рис. 7. Схеми формоутворення ГГЗ способом згинання на ребро гофрованих смуг на валкових згинальних машинах:

а – фірм «MITSUBISHI STEEL MFG» та «OKUNO MACHINE CO LTD» (Японія); б – фірми RONSON CORP (Канада)

Однією із найпростіших схем формоутворення ГГЗ є попереднє гофрування ділянки смуги (рис. 4, а, г, к) або цілої смуги (рис. 4, б, в, д, е, ж, л–п) з наступним навиванням на оправу. Для збільшення амплітуди гофрів на початковій заготовці можуть використовуватись калібруючі гофроутворюючі елементи (поз. 7 і 8, рис. 4, в). В якості основних формуючих елементів крім оправы (рис. 4, а) використовуються направляючі та згинні ролики (рис. 4, б, г, ж, к, м, п), формувальні калібри (рис. 4, д, е, л). Таким способом одержують як звичайні (рис. 4, а, б, в, д, е), так і складнопрофільні гвинтові заготовки (наприклад, еліпсні – рис. 4, г; косі – рис. 4, л). Для збільшення точності та продуктивності процесу формуючі елементи часто розміщують зміщеними відносно один одного вздовж осі оправы (рис. 4, ж, к). Величина такого зміщення визначається кроком витків ГГЗ. Для збільшення питомої висоти витків та одночасного попередження втрати їх стійкості при згинанні, початкову заготовку та витки, що прилягають до зони деформації розміщують у формувальних калібрах (рис. 4, д, л), або підтискають додатковими роликами (рис. 4, н, п). Необхідно відзначити, що найбільша стійкість витків та смуги у зоні деформації, а також найбільша питома висота спіралі забезпечується у процесі виготовлення ГГЗ із закритою навивкою витків (щільного пакету витків). Одержання ГГЗ із відкритою навивкою здійснюється шляхом калібрування на крок навивних спіралей. Для виготовлення ГГЗ із малим внутрішнім діаметром використовують додаткове асиметричне обтискання гофрованої смуги формуючими елементами. Таке обтискання реалізується шляхом протягування смуги крізь клиноподібну канавку у згинальних роликах (рис. 4, м), а також встановлення додаткових роликів як для деформування зовнішньої крайки смуги у зоні її згинання (рис. 4, н), так і для осевого підтискання смуги та витка, які прилягають до зони деформації (рис. 4, п).

Одним із продуктивних способів формоутворення ГГЗ є асиметричне обтискування смуг між парами формувальних валків із робочими зубчастими конічними поверхнями (рис. 5, а), зубчастими конічними та плоскими (рис. 5, в), а також робочими гладкими і зубчастими поверхнями (рис. 5, б). В останньому випадку між гладкими робочими поверхнями валків відбувається асиметричне обтискання смуги, а між робочими зубчастими поверхнями – утворення гофрів без деформації поперечного перерізу смуги.

Серед схем формоутворення ГГЗ методом навивання з прокатуванням можна відзначити ті які ґрунтуються на: а) асиметричному обтисканні гладких смуг з видавлюванням виступів та впадин за допомогою пари інструментів з профільованими робочими поверхнями (рис. 6, а, в); б) попередньому асиметричному обтискуванні гладких смуг до утворення гвинтових заготовок з наступним видавлюванням виступів і впадин на бічних поверхнях одержаних витків (рис. 6, б); в) одночасному прокатуванні з навиванням гофрованих смуг (рис. 6, г, д).

Формоутворення ГГЗ за допомогою валкових згинальних машин здійснюється як шляхом утворення гофрів на попередньо сформованих гладких витках (рис. 7, а), так і згинанням на ребро гофрованих смуг (рис. 7, б).

На кафедрі комп'ютерних технологій в машинобудуванні ТНТУ ім. І. Пулюя розроблено ряд нових способів виготовлення ГГЗ. На рис. 8 представлено заготовки, які одержані за такими способами.

Проведений комплекс експериментальних досліджень технологій виготовлення навивних ГГЗ показав, що зменшення зусилля формоутворення на 8–15 % (Пат. України № 44551) досягається шляхом використання гофрованих смуг із похилими гофрама (рис. 8, а). Для підвищення продуктивності одержання ГГЗ із малим радіусом кривини внутрішньої крайки витка (рис. 8, б) необхідно застосовувати схему асиметричного обтискування гладких смуг між формувальними валками із зубчастими робочими поверхнями спеціального профілю (Пат. України № 42572) на обкатних верстатах (наприклад, мод. 5А725).

Формоутворення ГГЗ методом прокатування може здійснюватись шляхом асиметричного обтискування гофрованої стрічки по її ширині за допомогою валків, які утворюють між собою клиноподібну щілину, причому деформуванню піддають лише зовнішню по відношенню до центру кривини частину гофрованої стрічки, яка не перевищує 95 % від її початкової ширини (Пат. України № 56734). Така технологія дозволяє одержувати крупно габаритні ГГЗ (рис. 8, в).

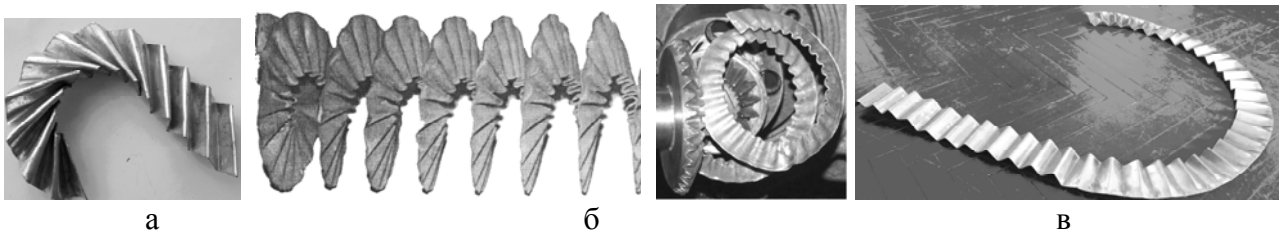


Рис. 8. Гофровані гвинтові заготовки, які одержані способами:

а – навивання на ребро на оправи гофрованих смуг; б – асиметричного обтискування гладких смуг між формувальними валками із зубчастими робочими поверхнями; в – асиметричного обтискування гофрованих смуг між формувальними валками

Для реалізації такої технології розроблена спеціальна установка (рис. 9, 10), яка також використовується для прокатування лез дискових заготовок.

Установка для виготовлення ГГЗ містить змонтовані в станині 1 механізм подачі (не показано) смугової заготовки та механізм завивки (не показано) спіралі, кінематично зв'язані між собою і з приводом їх обертання горизонтальні консольні верхній 2 та нижній 3 прокатні валки, які закріплені на рамі шпиндельного вузла 4, а також підтискний ролик 5, вісь якого перпендикулярна площині прокатування і який встановлений з можливістю обертання навколо власної осі. Робочі поверхні прокатних валків 2 і 3 утворюють між собою клиноподібну щільну 6. Прокатні валки можуть бути виконані частково або цілком із еластичних матеріалів. Механізм завивання спіралі виконаний у вигляді упора з гелікоїдною робочою поверхнею для формування спіралі ГГЗ 7 зі смугового матеріалу. Верхній 2 та нижній 3 прокатні валки встановлені відповідно на двохопорних валах 8 і 9, причому нижній прокатний валок 3 виконаний привідним з розміщеним на його валу 9 зі сторони механізму приводу маховиком 10, посадженому також на вхідному валу 11 редуктора 12 приводу обертання, який кінематично зв'язаний з двигуном 13.

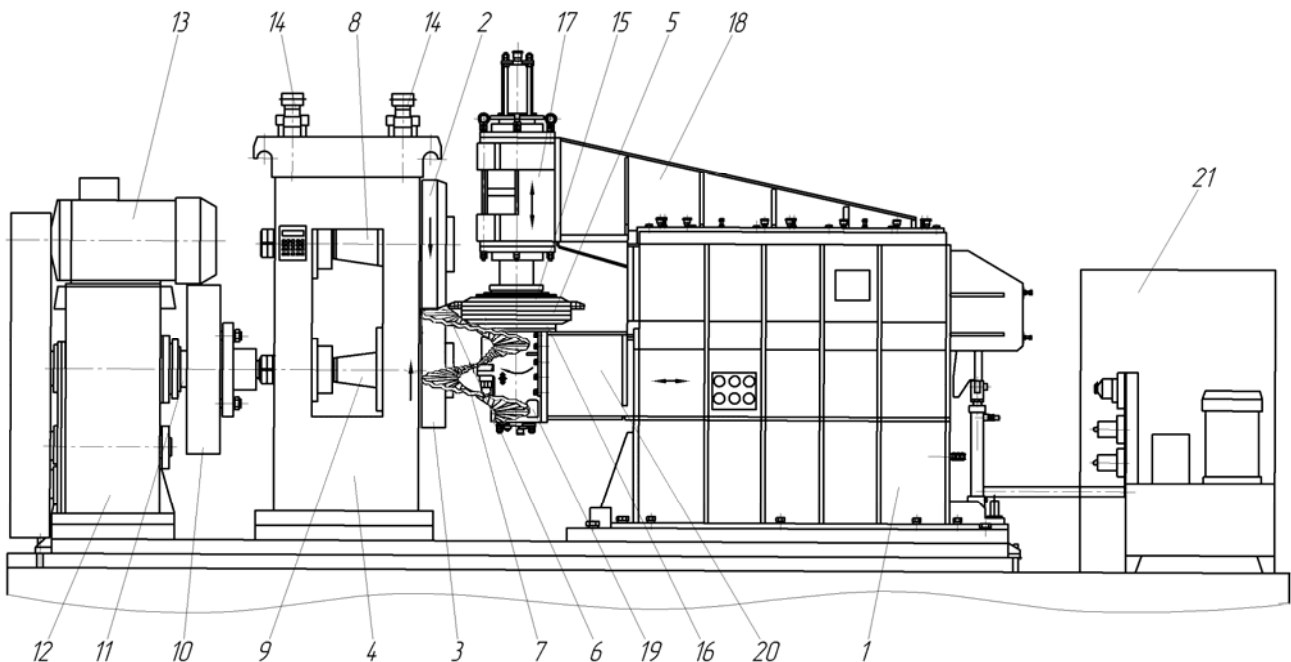


Рис. 9. Схема установки для виготовлення ГГЗ методом прокатування

Двохопорний вал 8 верхнього прокатного валка 2 встановлений з можливістю зміщення відносно двохопорного вала 9 нижнього валка 3 за допомогою регулювальних гвинтів 14, розміщених навпроти опор двохопорних валів 8 і 9 зверху рами шпиндельного вузла 4. Таке конструктивне виконання валків забезпечує можливість збільшення товщини клиноподібної

щілини 6 і тим самим дозволяє збільшити відносну ширину одержуваних заготовок. Підтискний ролик 5 виконаний складеним із верхньої 15 та нижньої 16 тарілок. Верхня тарілка 15 встановлена з можливістю вільного обертання навколо власної осі і вертикального переміщення за допомогою вертикального гідроциліндра 17, який закріплений на хоботі 18, що розміщений зверху над станиною 1.

Нижня тарілка 16 виконана привідною від гідро двигуна 19, встановленого на супорті 20, розміщеному на станині 1 з можливістю горизонтального переміщення відносно станини 1 по направляючих планках станини в напрямку до прокатних валків 2 і 3 за допомогою гідроциліндрів (не показано). З правої сторони від станини розміщена гідростанція 21.

Параметри установки є такими: діаметр прокатних валків – 400 мм, центральний кут клиноподібної щілини – 22 град., утвореної робочими поверхнями прокатних валків, швидкість обертання валків – 90 град/с, зусилля підтиску гофрованої заготовки за допомогою підтискного ролика – 300 кН, робочий тиск гідро мережі для гідро двигуна переміщення верхньої тарілки підтискного ролика – 4–5 атм., робочий тиск гідро мережі переміщення супорта – 40 кгс/см², сумарна потужність електродвигунів – 31,1 кВт, габаритні розміри установки – довжина – 5800мм, ширина – 1240 мм, висота – 2770 мм, маса – 8440 кг.

Установка працює наступним чином. Гофровану смугу за допомогою механізму подачі смужової заготовки вводять в клиноподібну щілину 6, утворену робочими поверхнями прокатних валків 2 і 3. Між верхньою 15 та нижньою 16 тарілками підтискного ролика 5 може встановлюватись кільце із фрикційними зачепами для взаємодії із гофрами заготовки.

Потім підводять підтискний ролик 5 до утворення клиноподібного калібру для асиметричного обтискання гофрованої смуги. За рахунок клиноподібного калібру гофрована заготовка обтискається до утворення гофрів зі змінною амплітудою по ширині заготовки без деформації її перерізу. Необхідно відзначити, що прокатування може здійснюватись при наявності некатаної зони. В цьому випадку підтискний ролик 5 підводять для підтискання гофрованої смуги і її ефективного входження в клиноподібну щілину між валками. Крім цього, в якості смуги може також використовуватись гладка смуга трапецеподібного або прямокутного поперечного перерізу. Потім вмикають привід обертання прокатних валків 2 і 3 та привід обертання підтискного ролика 5. Обертання підтискного ролика 5 синхронізовано із обертанням прокатних валків 2 і 3. При прокатуванні підтискний ролик створює зусилля підпору, яке постійно діє на смугу в напрямку, перпендикулярному до її переміщення. Величину цього зусилля в процесі прокатування регулюють.

При обертанні прокатних валків 2 і 3 та підтискного валка 5 здійснюється ефективна подача гофрованої заготовки та прокатування гофрованої смуги зі змінною по ширині ступінню деформації (асиметричне обтискання), яка забезпечується формою і розмірами робочої щілини, утвореної прокатними валками і підтискним роликом.

За рахунок того, що одна сторона гофрованої смуги одержує більше видовження ніж інша, через зменшення амплітуди гофрів з однієї сторони гофрованої смуги відносно іншої, відбувається згинання з утворенням плоского гофрованого кільця. За допомогою механізму завивання спіралі формується ГГЗ 7 та відводиться із зони деформації. Одержану заготовку 7 розрізають на необхідні куски, при цьому менш якісні ділянки початку і кінця спіралі відрізають у відходи.

За необхідності зміни параметрів одержуваних гвинтових гофрованих заготовок здійснюють відповідні операції заміни оброблюваного матеріалу і переналадки установки. В процесі переналадки здійснюють регулювання його механізму подачі та заміну механізму завивки спіралі та деформуючих валків (для зміни центрального кута клиноподібної щілини між прокатними валками встановлюють валки з необхідними кутами конусності робочих поверхонь таких валків), а також регулювання міжосьової відстані прокатних валків та умов підтиску гофрованої смуги підтискними роликом.

Для одержання ГГЗ із малими внутрішніми діаметрами, одержану прокатну гвинтову спіраль потім навивають на ребро на оправу, використовуючи спеціальні пристрої (Пат. України №№ 47173, 49378, 52566).

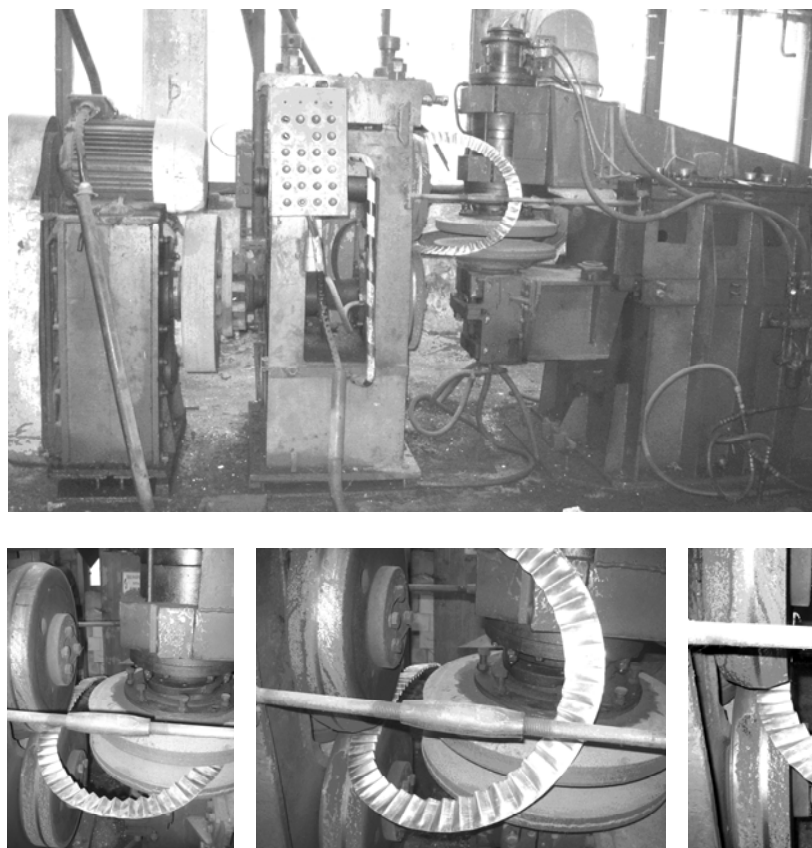


Рис. 10. Загальний вигляд установки для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок

ВИСНОВКИ

Представлено багатоваріантну структуру і класифікацію відомих та нових способів формоутворення гвинтових гофрованих заготовок. Встановлено, що при виготовленні навивних ГГЗ зменшення зусилля формоутворення на 8–15 % досягається шляхом використання гофрованих смуг із похилими гофрами. Описано технологію та конструкцію установки для виготовлення ГГЗ методом прокатування. Якість таких заготовок, які можуть виготовлятися на установці – висока і стабільна для наступних параметрів: зовнішній діаметр ГГЗ від 240 до 1000 мм; внутрішній діаметр – не менше 160 мм; товщина гофрованої смуги, змотаної в рулон або штучної гофрованої смуги до 35 мм; товщина гофра – від 0,8 мм і ширина від 12 до 80 мм; типові матеріали заготовок – АМг6М, Д16М. Отримані результати підтверджені експериментально і розширили технологічні можливості процесу і знизили ресурсовитрати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технологічні основи формотворення різнопрофільних гвинтових заготовок / Б. М. Гевко, М. І. Пилипець, В. В. Васильків, Д. Л. Радик. – Тернопіль : Вид-во ТДТУ ім. І. Пулюя, 2009. – 457 с.
2. Васильків В. В. Методи формообразования винтовых заготовок. Термины и определения / В. В. Васильків, Д. Л. Радик, П. В. Босюк // Материали VII Международной научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин». – Омск : Изд-во ОмГТУ. – 2009. – Книга 2. – С. 225–232.
3. Драган А. П. Теоретичні передумови технологічного процесу виготовлення гвинтових гофрованих заготовок : дис... канд. техн. наук : 05.02.08 / А. П. Драган. – Тернопільський держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя. – Т., 2007. – 198 с.

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

ТНТУ ім. І. Пулюя – Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль.

E-mail: VasylkivV@rambler.ru; vasyilkivv@gmail.com