

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.05. - МКР. 463 «С» 2023.03.28. 040 ПЗ

ОБЕЛЕЦЬ ІГОР ВІТАЛІЙОВИЧ

2023 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ННІ)

конструювання та дизайну

УДК 631.316-049.6

ПОГОДЖЕНО

Декан

факультету конструювання та дизайну

(назва факультету (ННІ))

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

механіки

(назва кафедри)

Ружи́ло З.В.

(підпис)

(ПІБ)

“ ”

2023 р.

Булаков В.М.

(підпис)

(ПІБ)

“ ”

2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Дослідження технології виготовлення деталей типу «тіл
обертання» з профільних стрічкових заготовок»

Спеціальність

133 - «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма

Технічний сервіс машин і обладнання сільськогосподарського виробництва

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

Троханяк О.М.

(підпис)

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Обелець І.В.

(ПІБ студента)

КИЇВ – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (ФНІ)

конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри механіки

(назва кафедри)

д.т.н., проф. Буряков В.М.

(підпис)

(ПІБ)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Обелько Ігорю Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

183 - «Галузь машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма

Технічний сервіс машин і обладнання сільськогосподарського виробництва

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Дослідження технології виготовлення деталей типу тіл
обертання з профільних стрічкових заготовок»

затверджена наказом ректора НУБіП України від "28" лютого 2023 р. № 463 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 1 листопада 2023 р.

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: Каталоги ремонтно-технологічного
обладнання. Типові норми часу на розбирання, складання і ремонт сільськогосподарської техніки.

Перелік питань, що підлягають дослідженню

1. Аналіз особливостей об'єкту проектування

2. Теоретичні обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки

3. Технологічні обґрунтування основних параметрів об'єкту розробки

4. Проектування технологічного оснащення

Перелік графічного матеріалу (за потреби) Технологічне спорядження для проведення процесів
формування профільних гвинтових заготовок; Технологічне спорядження для навівання Г-
подібних і профільних гвинтових заготовок; Технологічне спорядження для навівання профільних
гвинтових заготовок деталей машин; Пристрої для виготовлення гвинтових і кільцевих заготовок.

Дата видачі завдання "11" лютого 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Троханько О.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Обелько І.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ	10
1.1 Аналіз технологічних методів формоутворення гвинтових і кільцевих Заготовок	10
1.2 Аналіз конструкцій та технологій виготовлення гвинтових гофрованих заготовок	10
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної магістерської роботи та постановка завдання на проектування	19
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	21
2.1 Результати теоретичних досліджень напружено-деформованого стану в процесі формоутворення спіралей згинанням	21
2.2 Результати досліджень технології виготовлення гвинтових і кільцевих заготовок деталей машин	29
2.3 Теоретичні передумови формоутворення гвинтових гофрованих заготовок	31
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ	38
3.1 Класифікація гвинтових профільних заготовок за конструктивними і технологічними ознаками	38
3.2 Технологічне забезпечення виготовлення заготовок ободів коліс	46
3.3 Технологічні основи формоутворення гофрованих гвинтових заготовок	49
3.4 Техніко – економічне обґрунтування вибору заготовки	55
3.5 Вибір технологічних баз	57
3.6 Вибір варіанту технологічного маршруту	57
3.7. Вибір різального та допоміжного інструменту, методів і засобів технічного контролю	59
3.8. Висновки	60
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	61
4.1 Проектування технологічного оснащення для виготовлення Г і П-подібних ободів типу “тіл обертання”	61
4.2 Проектування технологічного оснащення для навивання профільних гвинтових заготовок під кутом	64
4.3 Проектування технологічного оснащення для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок	67
4.4 Проектування інструментів для виготовлення гвинтових заготовок деталей машин	68
3.5 Технологічне спорядження для навивання гвинтових гофрованих заготовок з заданим профілем	72
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

ВСТУП

НУБІП України

Однією з передумов подолання кризової ситуації у національній економіці є подальший розвиток машинобудування, який сприяє зростанню продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів до створення й використання високоефективних ресурсощадних технологій.

НУБІП України

Незважаючи на значну кількість наукових праць, які присвячені виробництву профільних гвинтових і кільцевих заготовок, рівень технологічного забезпечення в нашій державі та за її межами залишається недостатньо високим, а наукова база для його створення не завжди відповідає сучасним вимогам за матеріало- та енергомісткістю.

НУБІП України

Серед зазначених проблем важливе місце посідає дослідження та розроблення прогресивних технологічних процесів формоутворення гвинтових і кільцевих заготовок, які набули широкого застосування у різних галузях народного господарства. Підвищені вимоги до технологічних і конструктивних параметрів, якості, надійності та довговічності, розширення функціональних можливостей гвинтових та кільцевих заготовок потребують проведення глибокого аналізу існуючих технологій їх виготовлення та здійснення на цій основі науково обґрунтованих теоретичних і експериментальних напрацювань з метою успішного їх впровадження у виробництво.

НУБІП України

Отже, дослідження, спрямовані на розроблення та практичну реалізацію раціональних технологічних процесів одержання профільних заготовок є актуальними, доцільними та перспективними з огляду на необхідність впровадження конкурентоздатних технологій з високими техніко-економічними показниками.

НУБІП України

Метою даної магістерської роботи є розширення технологічних можливостей гвинтових гофрованих і кільцевих заготовок і проектування технологічних процесів їхнього виготовлення на основі ресурсощадних технологій.

НУБІП України

НУБІП України

Об'єктами розробки є: прогресивні технологічні процеси виготовлення гвинтових гофрованих та кільцевих заготовок.

Предметами дослідження технологічне оснащення процесів формоутворення гвинтових гофрованих та кільцевих заготовок методами навивання і обкатування.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проводились з використанням основних положень вищої математики, теоретичної механіки, теорії механізмів і машин. Аналіз математичних моделей здійснювався за допомогою прикладних та розроблених програм на ПК. Дослідження проводились на основі системного підходу, статистичного опрацювання інформації та планування експерименту.

Отримані результати:

- проаналізовано технологічних методів формоутворення гвинтових і кільцевих заготовок;

- проведено огляд існуючих конструкцій та технологій виготовлення гвинтових гофрованих заготовок;

- проведено теоретичні дослідження напружено-деформованого стану в процесі формоутворення спіралей згинанням та технології виготовлення гвинтових і кільцевих заготовок деталей машин;

- подано передумови формоутворення гвинтових гофрованих заготовок;

- розроблено технологічний процес для виготовлення гвинтового робочого органу, робоча поверхня якого є полоса, тобто деталь типу тіла обертання з профільних стрічкових заготовок;

- показано технологічні основи формоутворення гофрованих гвинтових заготовок;

- спроектовано технологічне оснащення для виготовлення Г і П-подібних ободів типу “тіл обертання”, для навивання профільних гвинтових заготовок

- під кутом, для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок, для виготовлення гвинтових заготовок деталей машин та для навивання гвинтових гофрованих заготовок з заданим профілем.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено технологічне забезпечення виготовлення заготовок ободів коліс. Адаптація та впровадження нових раціональних технологічних процесів для формоутворення різних прокатних профілів забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- і енергомісткості виробів, розширює номенклатуру машин та механізмів до складу яких вони входять, а також їх функціональні можливості. Розроблено технологічний процес для виготовлення гвинтового робочого органу, робоча поверхня якого є полоса, тобто деталь типу тіла обертання з профільних стрічкових заготовок. Розроблено високопродуктивний технологічний процес формоутворення гвинтових гофрованих заготовок на обкатних верстатах а також конструкції устаткування та спорядження для його реалізації.

Магістерська кваліфікаційна робота містить вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел із 27 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 80 сторінок, 31 рисунок і 6 таблиці.

Окремі результати роботи доповідались на 76-ї всеукраїнської науково-практичної студентської онлайн-конференції «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (26–27 квітня 2023 року)

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ОБ'ЄКТУ ПРОЕКТУВАННЯ

НУБІП України

1.1. Аналіз технологічних методів формоутворення гвинтових і кільцевих заготовок

НУБІП України

Однією з передумов подолання кризової ситуації у національній економіці є подальший розвиток машинобудування, який сприяє зростанню

продуктивності праці, підвищенню ефективності виробництва, покращенню якості продукції та вимагає принципово нових підходів до створення й використання високоефективних ресурсощадних технологій.

НУБІП України

Особливості формоутворення витих заготовок зумовлені передусім їх

геометричною формою, а також точністю виготовлення. Найпростіше гвинтову поверхню можна одержати розрізуванням кільцевої заготовки шляхом осьового розтягу на заданий крок, в результаті чого бічні ділянки кільця стискуються, а центральні - розтягуються. Практично приймають, що в процесі розтягування гвинтової стрічки з кільця співвідношення довжини зовнішнього ребра спіралі до внутрішнього не змінюється [23].

НУБІП України

Відомо багато методів виготовлення гвинтових заготовок. Відрізняються вони особливостями технологічного процесу; послідовністю та кількістю операцій, які включають формоутворення спіралі, розтягування кільцевих

елементів, їх зварювання між собою; а також умовами розтягування витків на заданий крок (в штампі, на спеціальних пристроях тощо). Але всі вони мають ряд недоліків - значний розхід матеріалу на операції вирубування кілець, неточність параметрів одержуваних спіралей, висока працемісткість процесів виготовлення, значні виробничі затрати. Крім того, якість зварної спіралі шнека набагато нижча, ніж суцільної гвинтової поверхні, яку одержати традиційними методами формоутворення досить складно.

НУБІП України

Тому, більш технологічними є методи, за яких формоутворення спіралей здійснюється із стрічкової заготовки, довжина якої забезпечує одержання однієї

НУБІП України

або кількох спіралей. Основна складність вказаних методів поля цьому коефіцієнт ψ характеризує нерівномірність витягування стрічки по зовнішньому та внутрішньому ребрах спіралі [22]:

$$\psi = (r + B) / r = \pi D / (\pi d), \quad (1.1)$$

де r – радіус спіралі по внутрішньому ребру; B – ширина стрічки; D і d – відповідно зовнішній та внутрішній діаметри спіралі.

Оскільки в сучасному виробництві використовують високопродуктивні шнеки з великими зовнішніми й малими внутрішніми діаметрами та відповідно високим коефіцієнтом нерівномірності витягування, то виробництво таких спіралей зі стрічкової заготовки можливо лише з високопластичних матеріалів.

Основні методи одержання гвинтових деталей з стрічкової заготовки поділяються на дві групи: методи прокатування та методи навивання на оправу.

Формоутворення гвинтових заготовок прокатуванням здійснюється у

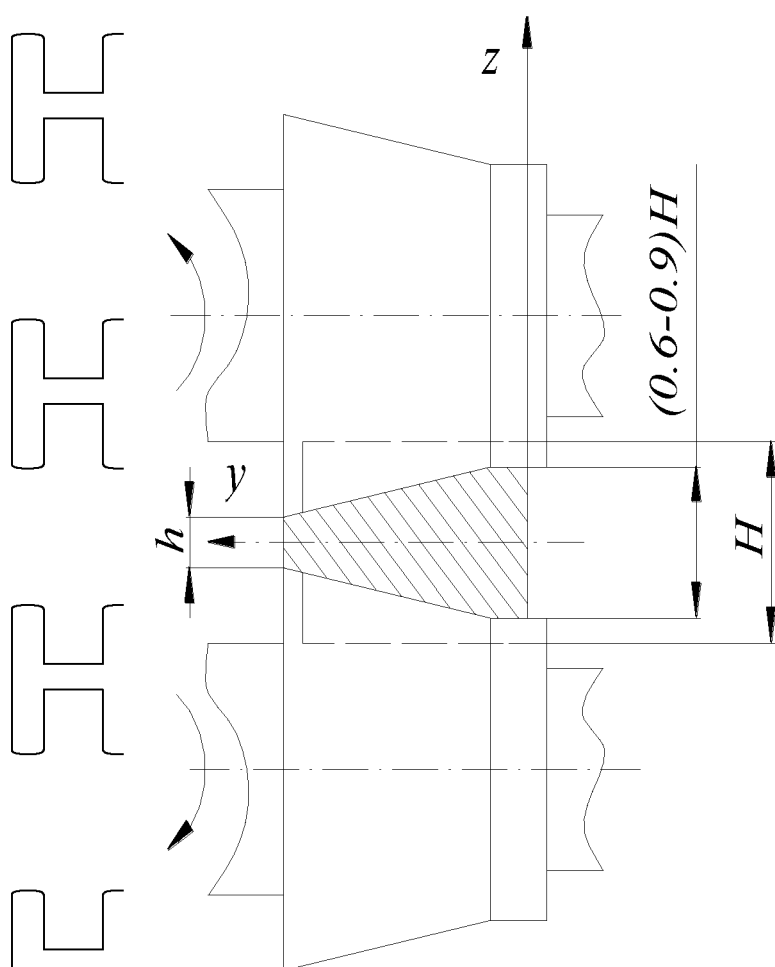


Рис. 1.1 Схема технологічного процесу прокатування гвинтових стрічок

двох-, чотирьохвалкових станах, а також у пристроях із консольним розміщенням валків. За

температурним станом заготовок прокатування поділяють на холодне та гаряче. За умовами

формоутворення розрізняють прокатування по всій ширині

стрічки або її частини, тобто з некатаною зоною; прокатування з

гальмуванням по зовнішньому ребру з радіальним обтискуванням

стрічки в зоні формоутворення та поза нею. За розміщенням робочих

валків прокатування поділяють на

прокатування з паралельним і перехресним розміщенням осей.

Схему технологічного процесу прокатування гвинтових стрічок представлено на рис. 1.1. Заготовка 4 деформується складовими верхніх і нижніх валків, які містять пару валків 1 і 7 для обтискування зовнішньої основної частини спіралі, а також пару валків 3 і 5 для обтискування внутрішньої частини. Обертання валків 1 і 7 сприяє просуванню стрічки в напрямку прокатування, а обертання валків 3 і 5 перешкоджає цьому. Між обертальними в протилежних напрямках парами валків встановлено кільця 2 і 6, які вільно обертаються.

Технологічний процес здійснюється таким чином. Заготовка подається в клиноподібну щілину між валками, де її захоплюють валки 1 і 7, зусилля яких достатнє для протягування середньої частини стрічки у вільно обертаючі кільця 2,6 і подолання сил опору валків 3 і 5, які обертаються у протилежному напрямку. Внаслідок опору валків на внутрішній частині метал гальмується, з'являється додатковий момент, який сумується з моментом згинання від нерівномірного обтискування, а інколи перевищує його. За рахунок цього можливе прокатування спіралей зі значним витягуванням по зовнішньому ребру.

Для досягнення достатнього контактного тертя по внутрішньому ребру стрічки створюють незначне обтискування $\Delta h \leq (0,1-0,2)H$, подальше збільшення якого призводить до невиправданих затрат потужності й можливого поздовжнього розшарування металу. У випадку формоутворення спіралей прямокутного перерізу, яке здійснюється за рахунок гальмівного моменту, обтискування збільшують до $\Delta h \leq (0,2-0,4)H$. Кільця 2,6, що вільно обертаються, попереджають виникнення зсувів, розшарувань і розривів металу в зоні стикування валків з протилежним обертанням, які можуть виникати за рахунок того, що у процесі формоутворення стрічка одержує не однаковий ступінь деформації по ширині, відбувається нерівномірне витягування металу, що призводить до погіршення механічних і експлуатаційних характеристик прокатаних гвинтових заготовок.

Виготовлення спіралей методами прокатування характеризується достатньою продуктивністю, проте містить ряд суттєвих недоліків: складність одержання гвинтових заготовок з невеликими розмірами внутрішнього діаметру, значні відхилення конструктивних параметрів прокатаних стрічок, висока енергомісткість процесів виготовлення, складність устаткування. Крім того, у зв'язку зі значним обтискуванням стрічки по зовнішньому ребру, стійкість накатаних спіралей значно нижча, ніж витих.

Серед методів навивання відомі наступні: навивання спіралі на оправу з щільно навитими витками, навивання спіралі на оправу заданого кроку, навивання стрічки на оправу з неперервним її сходом з робочої зони.

Розрізняють такі способи навивання стрічки на оправу: перервний (на оправу навивають гвинтову стрічку довжиною однієї спіралі) та неперервний (на оправу навивають спіраль, довжина якої відповідає довжині заготовки або можливо устаткування). Неперервний передбачає відрізування виробів на задану довжину в процесі навивання. Проведені вимірювання на спеціально розроблених пристроях, що здійснюють як щільне навивання витків з наступним їх розтягом, так і неперервне, свідчать, що вказаними методами можна одержати спіралі в широкому діапазоні зміни їх параметрів, причому їх виробництво буде значно економічнішим, ніж виготовлення спіралей методами прокатування.

Схему перервного процесу зображено на рис. 1.2. Кінець стрічки згинають під кутом 90° і встановлюють в осьовий паз 2 обертальної оправы 3. З її

торцевої сторони виконаний гвинтовий виток 4 з кроком, що дорівнює товщині спіралі. Притискання стрічки виконують у радіальному й осьовому положеннях за допомогою ступінчатого ролика 5 діаметром D_p , який здійснює обертальне та

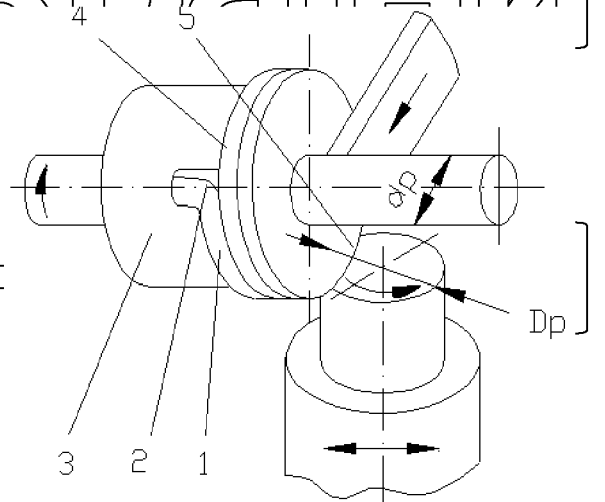


Рис. 1.2) Схema технологічного процесу навивання стрічки на оправу

поступальне переміщення, що дорівнює товщині спіралі на внутрішньому ребрі. Оправу діаметром d_0 закріплюють в патроні привідного пристрою. Після навивання стрічки обтискний ролик відводять в сторону, гвинтову стрічку з щільно навитими витками з оправи вилучають з патрона. Наступна операція - розтягування спіралі на заданий крок з обрізуванням зігнутого кінця.

У випадку неперервного навивання (рис. 1.3) кінець стрічки 1 згинають під кутом 90° і вводять в осьовий паз шпонкової втулки 2, яку встановлено на робочу циліндричну поверхню ступінчатої оправи 3 з шпонковим пазом, що забезпечує осьове переміщення. На торцевій частині втулки з боку стрічки

виконано один гвинтовий виток із кроком, що дорівнює товщині спіралі. З іншого боку стрічка впирається в гвинтову поверхню нерухомої втулки 4 з протилежним напрямком гвинтової поверхні втулки 2. Вона вільно встановлена на робочу циліндричну частину оправи та стопориться за допомогою рукоятки

5 нерухомим упором 5. Довжина шпонкового рівця на оправі менша, ніж довжина оправи до втулки 4 на $(3-4)H_0$. Цей простір служить для усунення можливого деформування витка по внутрішньому діаметру. Осьове притискання стрічки здійснюється втулкою 2 та упорним підшипником 7, який встановлено в балансири 8, виконаному у вигляді двоплечевого важеля з точкою

опори 9, яку жорстко прикріплено до супорта 10. Балансир повертається на визначений кут у вертикальній та горизонтальній площинах. З одного боку він впирається в шток 11 пневмоциліндра 12, жорстко встановленого на суперті, й контактує здавачем довжини переміщення 13. У радіальному напрямку стрічка

притискується до оправи притискним роликом 14, вісь якого розміщена на відстані A від осі оправи. Для здійснення навивання діаметри нерухомої та шпонкової втулки повинні бути менші, ніж діаметр навиваної спіралі для забезпечення її притискання до оправи. Оправа одержує обертальний рух від приводу установки.

Після виконання підготовчих заходів здійснюють навивання 3-4 витків із горизонтальним переміщенням втулки 2 й провертанням балансира на певний кут до вимкання пневмоциліндра давачем довжини. Далі балансір відводиться, втулка знімається, після чого установка вмикається й

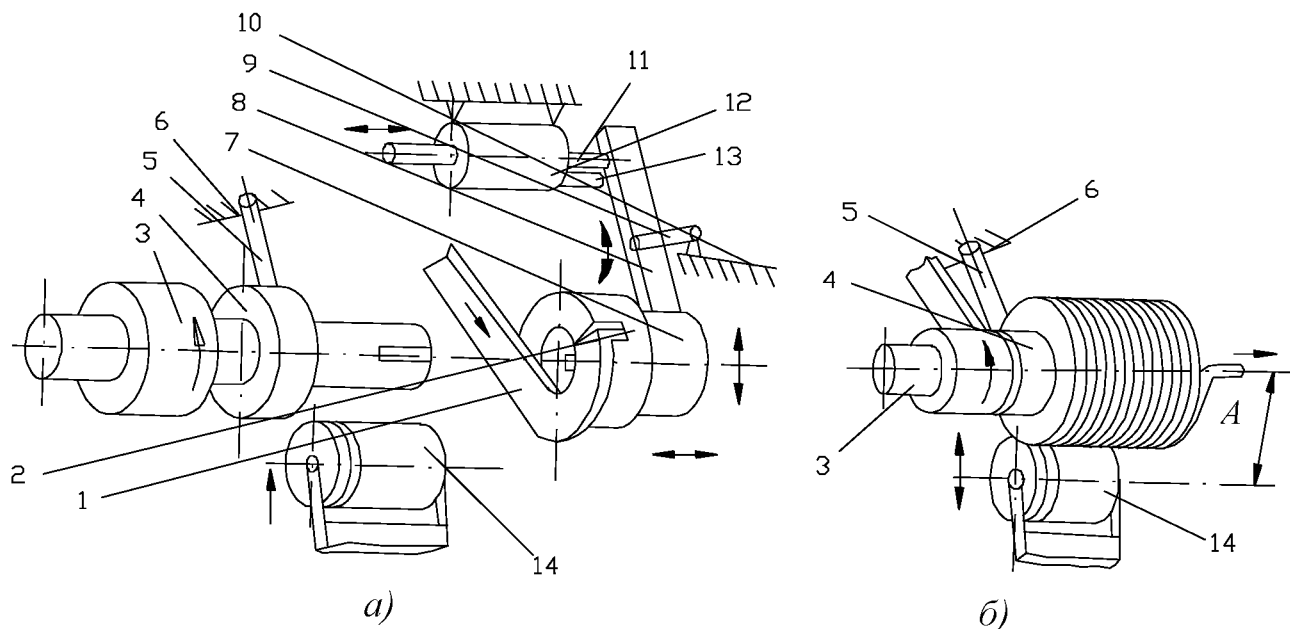


Рис.1.3. Схема неперервного навивання стрічок на оправу:

a) - навивання перших 3-4 витків; *б)* - процес неперервного навивання.

здійснюється процес неперервного навивання без осьового притискання (рис.1.3 б). Стійкість стрічки забезпечується попередньо навитими витками та обтискним роликом. Розрізування спіралі на окремі м'які частини можливе під час її навивання або поза установкою. За необхідності відвід балансира й знімання шпонкової втулки здійснюють без зупинки процесу. Товщину витка по зовнішньому ребру регулюють силою притискання ролика до навивальної стрічки.

Профільовання гвинтової заготовки, яке полягає у вирубіванні кільцевих заготовок, їх розрізуванні по радіусу, розтягуванні в спіраль із наступним зварюванням однієї з однією та з валом (рис.1.4), має перевагу: одночасно з розрізуванням заготовок по радіусу розводяться їх кінці один відносно іншого за напрямком, перпендикулярним площині кільцевої заготовки заданого кроку.

а розтягнення в спіраль здійснюється після зварювання заготовок між собою. При цьому кільцеві заготовки спочатку зварюють одна з одною, а потім розтягують на заданий крок, так як під час зварювання вже готових розтягнутих на крок заготовок крок гвинтової спіралі спотворюється.

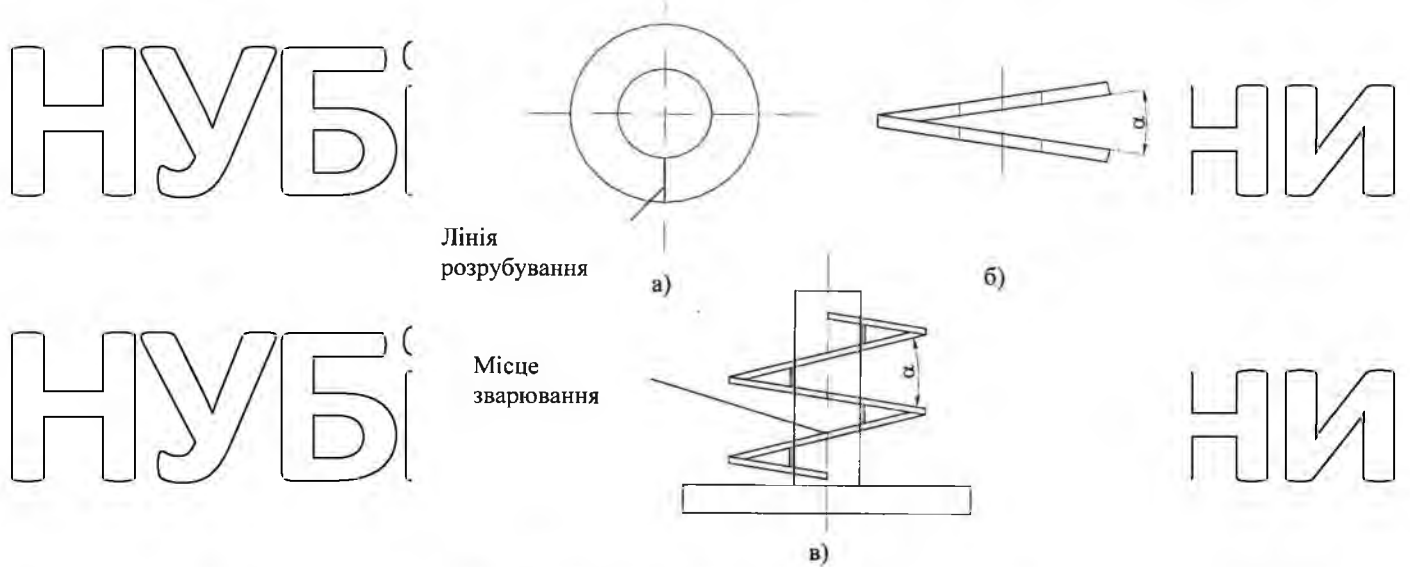


Рис. 1.4. Схема профілювання гвинтової заготовки:

- а) кільцева заготовка; б) заготовка з відігнутими кінцями;
в) приварені заготовки на валі

Розміри кільцевих заготовок визначаються за наступними залежностями:

$$D_0 = d_0 + (D - d); \quad (1.2)$$

$$d_0 = \frac{(D - d)\sqrt{P^2 + (\pi d)^2}}{\sqrt{P^2 + (\pi D)^2} - \sqrt{P^2 + (\pi d)^2}}, \quad (1.3)$$

$$\beta = \frac{360[\pi d_0 - \sqrt{P^2 + (\pi d)^2}]}{\pi d_0}, \quad (1.4)$$

де D_0 – зовнішній діаметр заготовки; d_0 – внутрішній діаметр заготовки; D – зовнішній діаметр спіралі; d – внутрішній діаметр спіралі; P – крок спіралі; β – кут вирізування плоскої заготовки.

Для виготовлення гвинтових заготовок підвищеної точності нами були запропоновані технологічні методи, які характеризується підвищеною стійкістю навивальної стрічки, стабільністю параметрів процесів

формування. Це забезпечується умовами навівання, яке здійснюється шляхом осьового притискання стрічки зусиллям, що приблизно дорівнює зусиллю згинання. Розроблені технологічні процеси включають операції навівання, калібрування й проточування. Застосування розроблених технологій дозволило одержати високоякісні гвинтові та кільцеві заготовки підвищеної точності із заданими конструкторсько-технологічними параметрами.

Проте, питання розроблення й дослідження найпрогресивнішого технологічного процесу виготовлення гвинтових деталей повністю не вивчені та потребують проведення подальших науковообґрунтованих теоретичних і експериментальних досліджень з метою їх успішного впровадження у виробництво.

1.2. Аналіз конструкцій та технологій виготовлення гвинтових гофрованих заготовок

Розроблення конструкцій гвинтових гофрованих заготовок забезпечує розширення сфери використання механізмів із гвинтовими пристроями, завдяки чому вони набувають все ширшого застосування у різних галузях народного господарства. Їх номенклатура та конструктивні особливості визначаються специфікою роботи, яка зумовлена виконанням різноманітних операцій технологічних процесів, їх поєднанням та багатьма іншими умовами.

Гвинтові гофровані робочі органи широко використовуються в різних механізмах і машинах для виконання різноманітних функцій.

ГРО виконують наступні операції:

-змішування сипких і вязких матеріалів;

-зволоження капельне і вихрове;

-подрібнення кускових матеріалів;

-в теплообмінниках забезпечують технологічність їх конструкції і значно збільшують ККД;

-борботажія вільних абразивів;

-змішування сумішей при виготовленні абразивних інструментів;

Обробка ГТЗ по внутрішньому і зовнішньому діаметрах відноситься до складних технологічних процесів як за точністю, так і за доступом до внутрішнього отвору. Тому існуючі методи обробки не забезпечують в повній мірі параметрів якості.

З урахуванням різноманітності конструкцій, функціонального призначення та специфіки роботи механізмів із гвинтовими пристроями, вибір матеріалів для їх виготовлення широкий. Основні вимоги до матеріалів гвинтових гофрованих заготовок такі: пластичність у виготовленні, міцність на кручення та згин, добре припрацювання, опір корозії й спрацюванню, пружність, незначна деформація під час термооброблювання.

Гвинтові гофровані заготовки виготовляють із легованих конструкційних сталей, алюмінієвих і мідних сплавів та інших матеріалів. Для, які виготовляють зварними або у вигляді спіралей використовують сталі марок ст 3, 08 кп, 10 кп. У разі необхідності робочі поверхні піддають хромуванню, нікелюванню та нанесенню інших гальванічних покриттів, часто застосовують технологічні методи підвищення твердості гвинтової стрічки за зовнішнім діаметром.

Пристрій для виготовлення спіралей шнеків (рис. 1.3) патент № 583852, що складається з опорного ролика 1, який має можливість вільно обертатися і служить для підтримання заготовки 2, подаючих валків 3 з приводом 4, завивочного ролика 5, який також може вільно обертатися, прокатних валків 6 і 7 з приводами 8 і 9, направляючих валків 10 і 11, і пристрою 12 для відводу готової спіралі. Всі ролики і валки охолоджуються проточною водою.

Працює стан наступним чином. Подаючі і прокатні валки неперервно обертаються від власних приводів за напрямками вказаними стрілками. На опорний ролик 1 встановлено нагріту заготовку 2 і затискують її між подаючі валки 3, які подають її на завивочний ролик 5, після чого заготовка завивається і набуває форми спіралі. Далі завита заготовка поступає в прокатні валки 6, де відбувається попереднє розкатування. Направляючі валки 10 і 11 подають

заготовку далі в прокатні валки 7 для подальшого розкатування. Кількість пар прокатних валків визначається розрахунковим шляхом. Після прокатних валків заготовка поступає в пристрій 12 для відведення готової спірати де відбувається остаточне калібрування кроку і відвід готового виробу.

НУ

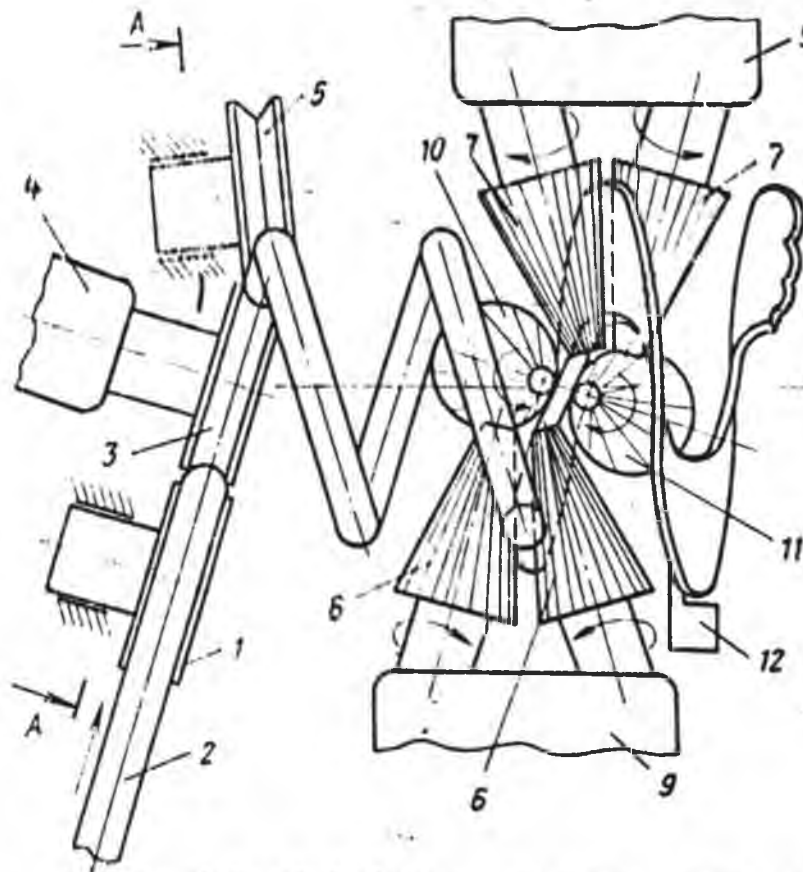
НУ

НУ

НУЕ

НУЕ

НУЕ



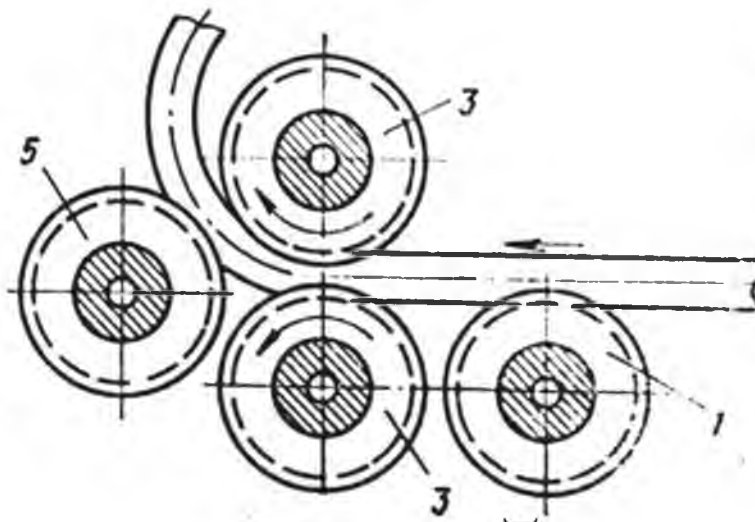
ИИ

ИИ

ИИ

A - A повернуто

НИ



НИ

НИ

Рис. 1.3 - Пристрій для виготовлення спіралей шнеків

Використання стану забезпечує можливість отримання неперервних гвинтових поверхонь з досить великим перепадом внутрішнього і зовнішнього діаметрів, можливість виготовляти гвинтові поверхні з прутків круглого січення, підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

Пристрій для виготовлення спіралей шнеків (рис. 1) патент №360131. Згинання смуги 1 здійснюється деформуючими зрізаними конусами 2. Діаметри конусів визначаються умовами захоплення. Один з конусів має торцеву виїмку для заходу спіралі 3. Направлення смуги 1 перед входом у деформуючі валки здійснюється пристроєм 4, формування напрямку навівання і кроку отримуваних спіралей здійснюється відхиляючим пристроєм 5.

Виготовлення спіралей відбувається наступним чином. Смуга 1 прямокутного січення по направляючому пристрою 4 подається в азор між деформуючими конусами. Зазор має трапецієподібне січення, що звужується в бік більших діаметрів конусів. Обертуючись, конуси прокатують смугу, змінюючи її січення на трапецієподібне, причому через різну величину деформації смуги в поперечному перерізі, вона закручується в плоске кільце, яке з допомогою відхиляючого пристрою формується в спіраль. Спіраль може частково заходити в торцеву виїмку конуса, що дозволяє уникнути їх викривлення.

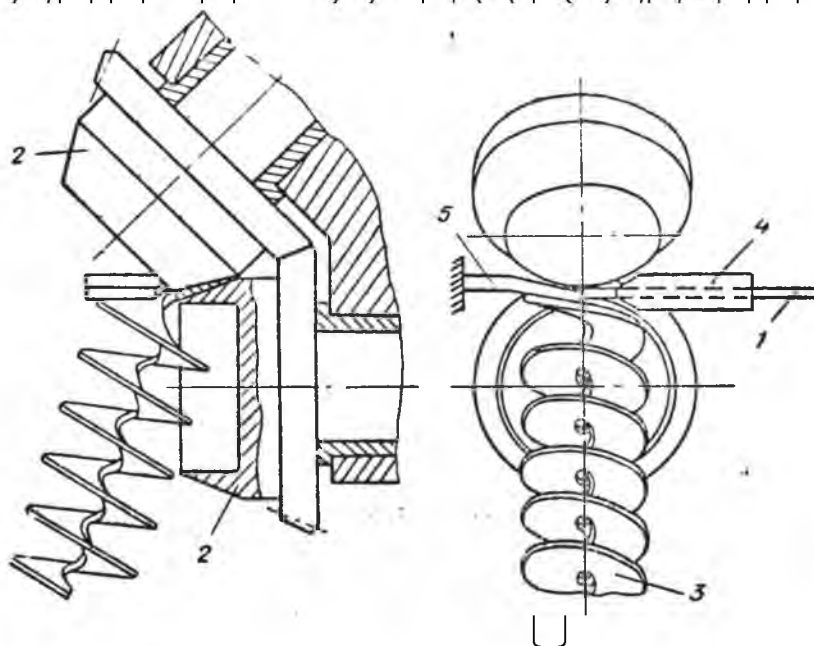


Рис. 1.5 - Спосіб отримання шнекових спіралей

Спосіб отримання шнекових спіралей (рис. 1.5) патент № 429872. Заготовка 1 деформується між двома валками 2 і 3, один з яких має циліндричну, а другий конічну форми, і внутрішньою поверхнею взаємодіє з упором 4. Заготовка вводиться між валками таким чином, щоб внутрішня зона шириною не менше 5% початкової ширини не деформувалась. В результаті дії сил, направлених до центру кривизни, внутрішні шари заготовки стискаються, що дозволяє отримати малі радіуси кривизни шнека.

Пристрій для навивання ребер (рис. 1.6) складається з станини 1, опорного кільця 2, шпинделя 3, який обертається на підшипниках в корпусі 4. Корпус шпинделя переміщується механізмом підтиску 5 для отримання необхідного профілю ребра. В станині по направляючих рухається механізм переміщення 6, каретка 7, обладнана підпружиненим накатним 8 і підтримуючим 9 роликми. На рис. 1 і 2 показана також труба на якій формуються ребра 10 і стрічка 11.

Опорне кільце 2 розвернуте в горизонтальній площині відносно шпинделя 3 і осі труби 10 на кут α . Цим досягається зміщення лінії контакту опорного кільця 2 і труби 10 в сторону подачі стрічки 11. Таке зміщення необхідне для того, щоб отримати мінімальну відстань між лінією контакту і точкою завальцювання. Сумістити лінію контакту з точкою завальцювання неможливо, так як в процесі формоутворення (вальцювання) стрічки відбувається перерозподіл металу як по поперечному січенні, так і в повздовжньому напрямку. Зміщення лінії контакту від точки завальцювання в бік подачі стрічки дозволяє спочатку сформувати спіраль з внутрішнім діаметром, меншим зовнішнього діаметра труби і рівним діаметру канавки яка отримується накатним роликом 8.

Установка працює наступним чином.

Механізмом переміщення 6 каретка 7 з підпружиненими роликми 8 і 9 підтискує трубу 10 до робочої кромки опорного кільця 2. Стрічка 11 направляється в зазор між шпинделем 3 і опорним кільцем 2, після чого

включається привід, який обертає одночасно опорне кільце 2, накатні і підтримуючі ролики 8 і 9 і шпindel 3.

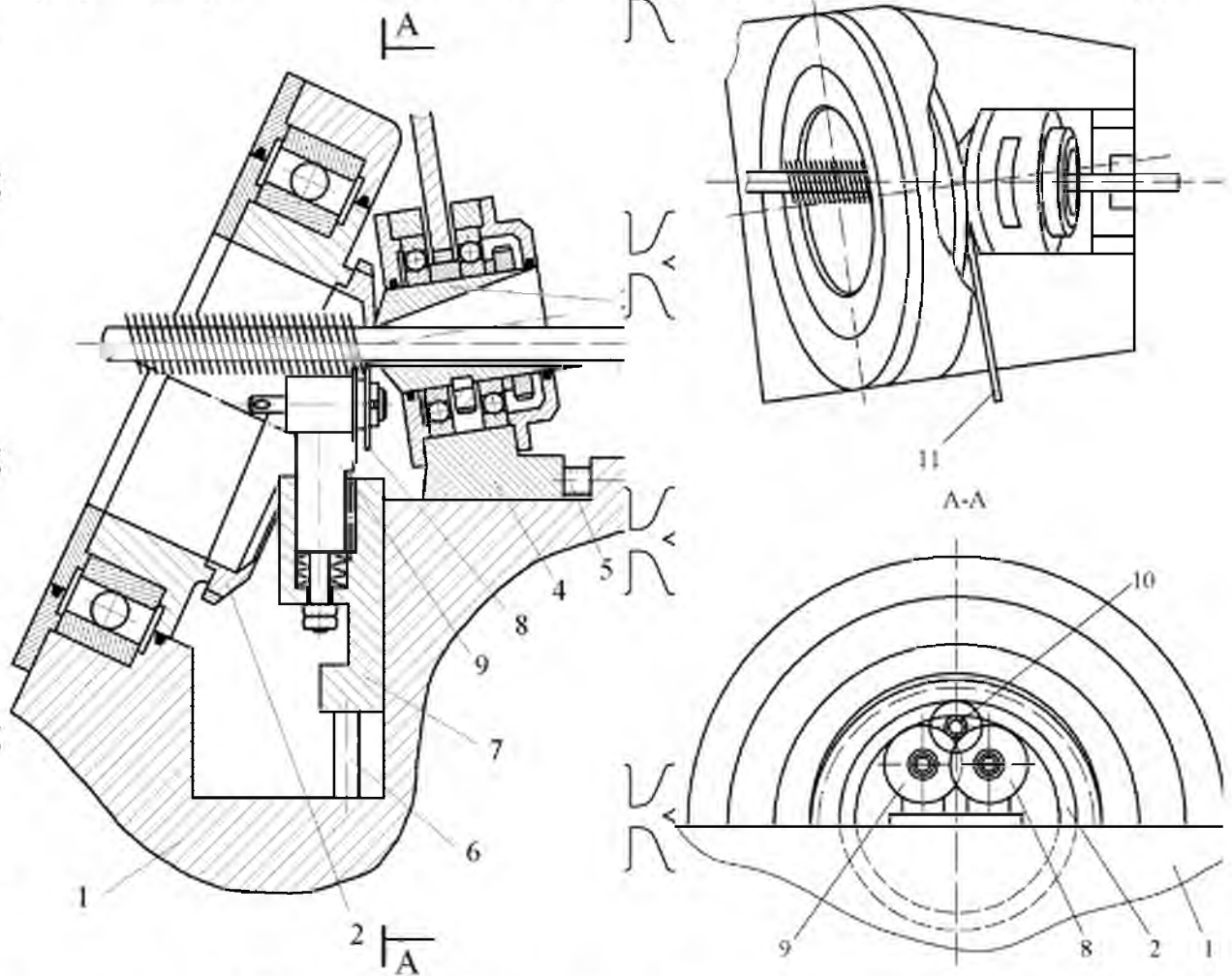


Рис. 1.6 - Пристрій для навивання ребер

Накатними роликами 8 на трубі виконується канавка, на лінії контакту формується спіраль і попадає в канавку, а в точці завальцювання відбувається закатка спіралі.

1.3. Обґрунтування теми магістерської кваліфікаційної роботи та постановка завдання на проектування

В результаті проведеного літературного огляду теоретичних досліджень технології виготовлення витих заготовок було встановлено, що запропоновані методики розрахунку процесів пластичного деформування згинанням не дозволяють у більшості випадків отримати точні розрахунки напружень, зусиль

та деформацій. Це пояснюється одночасним впливом багатьох факторів, врахування яких дає можливість точніше й повніше відобразити реальні умови формоутворення

Отже, на основі виявлених недоліків відомих технологічних процесів сформульовано мету роботи – яка полягає у розробленні технологічного процесу виготовлення деталей типу тіл обертання з профільних стрічкових заготовок на основі ресурсозберігаючих технологій.

Отже, тема кваліфікаційної магістерської роботи «
» є актуальною і передбачає розроблення та практичну реалізацію раціональних технологічних процесів одержання профільних заготовок є актуальними, доцільними та перспективними з огляду на необхідність впровадження конкурентоздатних технологій з високими техніко-економічними показниками.

Для розкриття поставленої мети необхідно провести відповідні конструктивні, технологічні та міцнісні розрахунки, довести економічну доцільність розробки та її застосування. Розроблені конструктивні рішення слід відобразити у графічній частині роботи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 2.

ТЕОРЕТИЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ2.1. Результати теоретичних досліджень напружено-деформованого
стану в процесі формоутворення спіралей згинанням

Теоретичні розроблення напружено-деформованого стану процесів формоутворення заготовок згинанням розглянуті в ряді робіт. Особливу увагу заслуговують дослідження, проведені Ю.О.Аверкієвим, С.І.Губкіним, Малініним, Є.М.Мошніним, І.П.Ренне, В.П.Романовським, які забезпечили створення наукового базису технології виготовлення деталей машин пластичним деформуванням, теоретичних передумов процесів згинання стрічок, особливостей згину.

Основною операцією технологічних процесів формоутворення спіралей є гнуття прямолинійної стрічки на ребро. Згинання здійснюється під дією згинального моменту або одночасною дією моментів, поздовжніх і поперечних сил. Для того, щоб встановити основні закономірності процесу згинання, виявити поле напружень і деформацій, доцільно визначити характер розподілу та зміни кривини середньої поверхні в площині згинання.

У випадку згинання моментом поздовжні та поперечні сили відсутні, кривина середньої поверхні постійна у будь-який момент деформування. Згідно з гіпотезами плоских перерізів або постійності нормалей перерізи, перпендикулярні до середньої поверхні заготовки, залишаються плоскими в процесі зміни кривини згинання. Під час згинання моментом широкої стрічки деформації у напрямках, перпендикулярних до площини, в якій проходить зміна кривини середньої поверхні, відсутні.

В процесі згинання одна частина заготовки по товщині піддається видовженню в тангенційному напрямку, а інша – стиску. В момент деформування, коли зовнішня та внутрішня поверхні мають радіуси кривини

відповідно R і r , ділянка, яка в даний момент не підлягає ні видовженню, ні стиску (нейтральний шар), має радіус кривини ρ_n . Тоді ділянки, для яких $R \leq \rho < \rho_n$ будуть сприймати видовження в тангенційному напрямку ($\varepsilon_\theta > 0$), а ділянки, для яких $\rho_n > \rho \geq r$ - підлягають стиску ($\varepsilon_\theta < 0$).

Деформації ε_θ можуть виникати під дією напружень σ_θ , які є позитивними (розтягуючими) для $R \geq \rho > \rho_n$ і негативними (стискуючими) для $\rho_n > \rho \geq r$. За наявності кривини, відмінної від нуля, за рахунок тиску шарів один на одного виникають радіальні напруження σ_ρ , які є стискуючими для зон тангенційного розтягу й стиску.

Розподіл напружень σ_ρ і σ_θ по товщині заготовки із врахуванням граничних умов, для яких $\rho = R$; $\rho = r$; $\sigma_\rho = 0$, записується.

$$\sigma_\rho \approx -\sigma_s \left(\frac{R}{\rho} - 1 \right);$$

$$\sigma_\theta \approx \sigma_s \left(2 - \frac{R}{\rho} \right);$$

$$\sigma_\rho \approx -\sigma_s \left(\frac{\rho}{r} - 1 \right);$$

зона розтягу

зона стиску

$$\sigma_\theta = -\sigma_s \frac{\rho}{r}.$$

На нейтральній поверхні ($\rho = \rho_n$) напруження σ_ρ для зон розтягу й стиску рівні між собою. Виходячи з цієї умови, Ч.П. Ренне [107] і Р. Хілл [128] одержали формулу для визначення радіуса нейтральної поверхні:

$$\rho_n = \sqrt{Rr} \quad (2.2)$$

Наближене значення напруження, яке одержується з використанням рівнянь (2.2), враховуючи, що $R = r + s$ (s - товщина заготовки) дорівнює [26]:

$$\sigma_{\rho \max} \approx -\sigma_s \frac{s}{2r}. \quad (2.3)$$

На рис. 2.1 представлено епюри напружень σ_ρ і σ_θ у випадку згинання моментом для $r/s \geq 5$ і $r/s < 1$. Під час згинання моментом із малим радіусом без

зміцнення на поверхні заготовки тангенційне напруження дорівнює σ_s , з віддаленням від вільних поверхонь напруження σ_θ спадає в зоні розтягу та зростає за абсолютним значенням у зоні стиску.

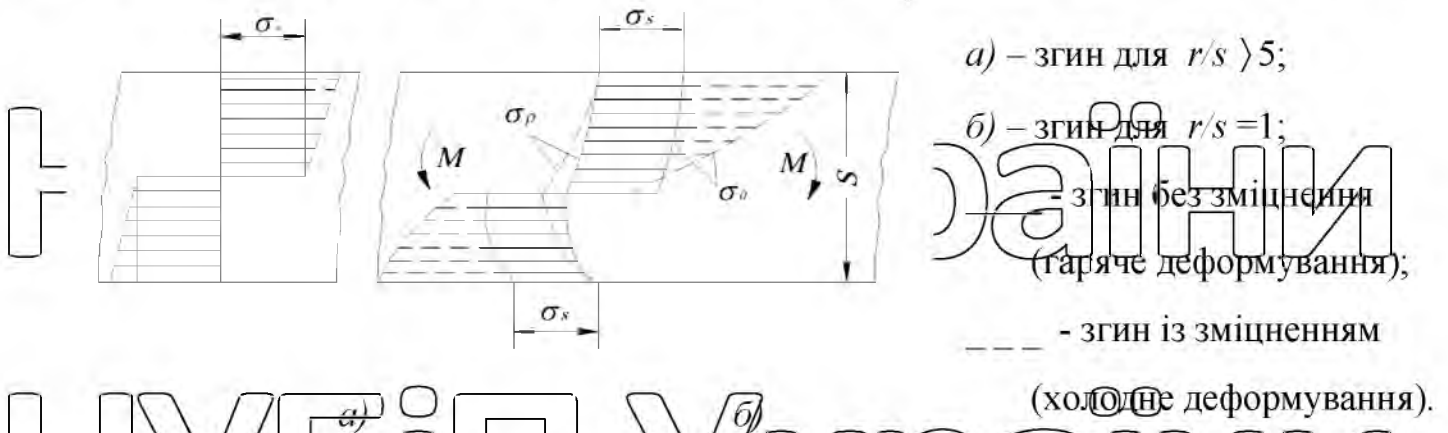


Рис. 2.1. Епюри напружень для згину моментом

Непостійний характер зміни напружень σ_θ по радіусу ρ для зони розтягу

й стиску пояснює причини зміцнення нейтральної поверхні заготовки від середньої. У процесі згинання моментом поздовжні сили відсутні, тому площі епюр $\sigma_\theta = f(\rho)$ для зон розтягу та стиску рівні. Оскільки в зоні розтягу напруження σ_θ з віддаленням від зовнішньої поверхні спадають від значень σ_θ

$= \sigma_s$, а в зоні стиску з віддаленням від внутрішньої поверхні зростають від $|\sigma_\theta$

$\neq \sigma_s$, то для рівності площ епюр довжина зони розтягу в радіальному напрямку повинна бути більша, ніж довжина зони стиску в тому ж напрямку.

Епюри на рис. 1.5 дещо схематизовані, бо в них відсутня ділянка пружних деформацій поблизу нейтральної поверхні. В дійсності напруження σ_θ змінюють свою величину й знак поблизу нейтральної поверхні не миттєво, а плавно за лінійною залежністю, що відповідає закону Гука в зоні пружних деформацій. У випадку $r/s < 5$ довжина зони пружних деформацій незначна,

тому в розрахунках величини згинального моменту нею можна нехтувати. Це не відображено на приведених епюрах напружень, побудованих без зони пружних деформацій.

У випадку, коли згинання здійснюється зі значними змінами кривини

заготовки, в середній її частині з'являється зона, в якій порушується монотонність деформацій. Таким чином, у зоні розтягу елементарні шари заготовки отримують деформацію розтягу в тангенційному напрямку, а отже, за умовою постійності об'єму - деформацію стиску в радіальному напрямку. У зоні стиску знаки тангенційних і радіальних деформацій протилежні, тобто елементарні шари в радіальному напрямку отримують деформацію видовження (потовщення).

У процесі згинання середня поверхня не завжди співпадає з одним і тим же матеріальним шаром, а зміщується шарами в напрямку до внутрішньої поверхні заготовки. Якщо прийняти, що нейтральна поверхня в будь-який момент деформації співпадає із середньою, то між шаром, що співпадає із середньою поверхнею на початок згинання, та шаром, із яким буде співпадати середня поверхня в кінці згинання, з'явиться зона, в якій шари заготовки спочатку піддаються стиску, а потім розтягу в тангенційному напрямку. Тобто, у процесі згинання у цій зоні немонотонної деформації шари переходять із зони стиску в зону розтягу зі зміною положення середньої поверхні відносно матеріальних шарів, що складають зігнуту заготовку.

Отже, для згинання характерний одночасний перебіг двох взаємно пов'язаних між собою процесів: зміни кривини заготовки та зміщення нейтральної поверхні до середини деформованої заготовки, тобто перехід нейтральної поверхні з одного матеріального шару на інший. Обидва ці процеси неперервні й проходять одночасно.

Зміна знаку тангенційних деформацій у зоні немонотонної деформації внаслідок ефекту Баушінгера може вплинути на величину й розподіл напружень. Розв'язок із врахуванням ефекту Баушінгера складний, тому результати можуть бути отримані лише чисельним інтегруванням [83].

У процесі згинання моментом без зміцнення та без врахування впливу ефекту Баушінгера, як дослідив Р. Хілл [128], товщина заготовки не змінюється. Встановлено, що у випадку згинання із зміцненням товщина заготовки дещо зменшується. Врахування ефекту Баушінгера в зоні

немонотонної деформації виявляє можливість деякого зменшення товщини заготовки в процесі згинання.

Використання відносних деформацій для оцінки впливу зміцнення на величину напружень, що виникають у заготовці під час згинання, пов'язане з деякими труднощами. Відносна деформація ε_θ в зоні розтягу відповідає кривій зміцнення першого роду (можливі межі зміни деформації від нуля до безмежності), тоді як відносна деформація ε_θ в зоні стиску відповідає кривій зміцнення другого роду (можливі межі зміни деформації від нуля до одиниці).

Для аналізу однієї кривої зміцнення необхідно привести деформації до одного роду, тобто виразити, наприклад, деформацію першого роду через деформацію другого роду [107]. Це пов'язано з ускладненням математичних розрахунків і отримуваних аналітичних залежностей та можна уникнути використання логарифмічних деформацій.

Рівняння прямої, що апроксимує криву зміцнення у логарифмічних координатах, рекомендують застосувати для аналізу процесу згинання [4]:

$$\sigma_s = \sigma_{T0} \pm \Pi \ln(\rho/\rho_n), \quad (2.4)$$

де σ_{T0} - екстрапольована межа текучості (значення напруження текучості, відтягнута прямою на осі ординат для $\rho = \rho_n$);

Π - модуль зміцнення (тангенс кута нахилу прямої до осі деформації).

Для апроксимації кривою зміцнення степеневі залежності рівняння апроксимованої кривої записують у вигляді:

$$\sigma_s = A(\ln \rho/\rho_n)^n. \quad (2.5)$$

І. П. Ренне встановив [10], що радіус нейтральної поверхні не залежить від зміцнення у випадку, коли враховується зміцнення лінійної залежності напруження текучості від відносної деформації (крива другого роду).

Вивід формул для визначення величин згинальних моментів поданий у багатьох роботах, велику увагу цьому питанню приділив Є.Н.Мюшнін [4].

У випадку згинання без зміцнення, якщо згинання здійснюється по відносно великому радіусу, коли нейтральна поверхня співпадає із середньою

поверхнею заготовки ($\rho_n - r + s/2 = R - s/2$), величину згинального моменту для одиниці ширини заготовки визначають за залежністю:

$$M = \int_{\rho_n}^R \sigma_s \rho d\rho + \int_r^{\rho_n} (-\sigma_s) \rho d\rho = \sigma_s \frac{R^2 - \rho_n^2 - \rho_n^2 + r^2}{2} =$$

$$= \sigma_s \frac{(R - \rho_n)(R + \rho_n) - (\rho_n - r)(\rho_n + r)}{2} = s \sigma_s \frac{R + \rho_n - \rho_n - r}{4} = \frac{s^2}{4} \sigma_s.$$

Згинання без зміщення по невеликому радіусу супроводжується значним зміщенням нейтральної поверхні відносно середньої, тоді величину згинального моменту визначають аналогічно із врахуванням формул (1.5):

$$M = \sigma_s \left[\int_{\rho_n}^R \left(1 - \ln \frac{R}{\rho}\right) \rho d\rho - \int_r^{\rho_n} \left(1 + \ln \frac{\rho}{r}\right) \rho d\rho \right] = \sigma_s \left(\frac{\rho_n^2}{2} \ln \frac{R}{\rho_n} + \frac{R^2}{2} - \frac{\rho_n^2}{2} + \frac{r^2}{4} \right).$$

З врахуванням формули (1.6):

$$M = 1/4 \sigma_s s^2, \quad (2.8)$$

тобто момент визначається з того ж виразу (1.10), що у випадку згинання, коли напруження σ_ρ незначне. Отримані формули дозволяють оцінити зміну згинального моменту зі зміною кривини вихідної плоскої заготовки. Еюра розподілу напружень σ_θ по товщині заготовки для пружно-пластичного згину

представлено на рис. 2.2.

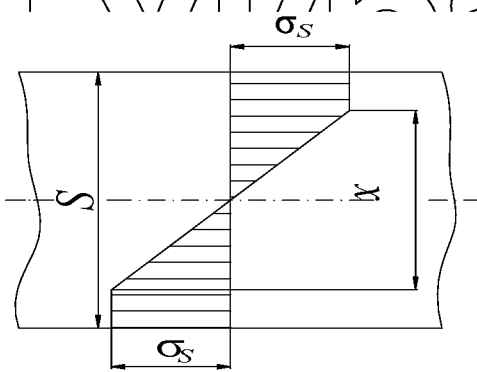


Рис. 2.2. Еюра напружень σ_θ для пружно-пластичного згину

Аналіз згинання вузької стрічки моментом досліджений у [12], цікавий аналіз, який базується на теорії текучості, був проведений Н.Н.Малініним. У випадку згинання вузької стрічки по великому радіусу кривини напруження

$\sigma_r \approx 0$, тоді схему напруженого стану з достатнім ступенем точності приймають лінійною.

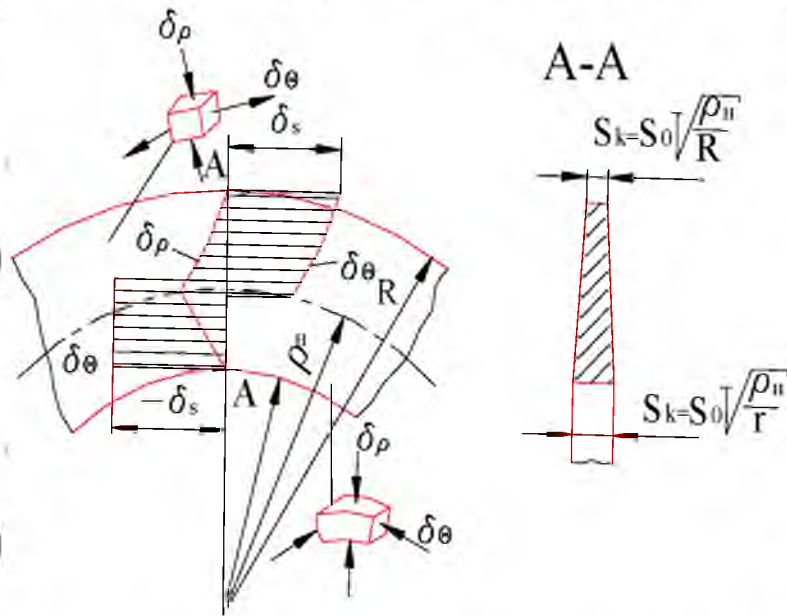


Рис. 2.3. Схема згинання стрічки на ребро

Для порівняно малих радіусів кривини напруження σ_r досягає значних величин і схема напруженого стану у зігнутій заготовці буде плоскою (рис. 2.3).

Коли відношення r/b таке, що напруження впливають на поле напружень, напруження σ_r і σ_θ визначають із спільного розв'язку рівняння рівноваги й рівняння пластичності. Оскільки, $s = f(r)$, рівняння рівноваги рекомендують записувати для заготовки змінної товщини у вигляді.

$$\rho \frac{d\sigma_r}{d\rho} + \sigma_r \frac{\rho ds}{s d\rho} + \sigma_r - \sigma_\theta = 0, \tag{2.9}$$

$$\frac{\sigma_r}{R_\rho} + \frac{\sigma_\theta}{R_\theta} - \frac{\sigma_k}{r} = 0.$$

Зміна товщини залежить від спільної дії напружень σ_r і σ_θ , розв'язок яких виконують числовим інтегруванням. Наближений розв'язок в аналогічних функціях одержують, припускаючи, що σ_r не впливає на зміну товщини заготовки:

$$\rho \frac{d\sigma_\rho}{d\rho} + \frac{\sigma_\rho}{2} - \sigma_\theta = 0. \quad (2.10)$$

За граничних умов $\sigma_\rho = 0$ для $\rho = R$ і для $\rho = r$, Мошнін отримав формули для оцінки розподілу напружень по ширині зігнутої на ребро заготовки:

$$\text{зона розтягу: } \sigma_\rho = -2\sigma_s \left(1 - \sqrt{(\rho/R)}\right); \quad (2.11)$$

$$\text{зона стиску: } \sigma_\rho = -2\sigma_s \left(1 - \sqrt{(r/\rho)}\right); \quad (2.12)$$

Радіус нейтральної поверхні у цьому випадку визначають за умови рівності напружень σ_ρ для зон стиску й розтягу на нейтральній поверхні.

Прирівнюючи σ_ρ у формулах (2.8) і (2.9), після перетворень одержують вираз (2.12), тобто радіус нейтральної поверхні у випадку згинання вузької стрічки на ребро визначається за тією ж формулою, що й для згинання широкої стрічки.

Пояснюється це тим, що зміна товщини сприяє зменшенню ρ_n , а відмінність схем напруженого стану – збільшенню ρ_n , порівняно із згинанням широкої стрічки ці впливи взаємно компенсуються.

Формули (2.11),(2.12) є наближеними, бо у їх виводі нехтують впливом σ_ρ на зміну товщини в процесі згинання (ці впливи для малих радіусів можуть бути значними), а також не враховують вплив зміцнення. Вплив зміцнення вважають аналогічним тому впливу, який враховують у процесах згинання широкої стрічки.

Аналіз проведених теоретичних досліджень показав, що використання відомих методик розрахунку процесів пластичного деформування наспівується на значні труднощі, пов'язані з одночасним впливом багатьох факторів, які не дозволяють отримати точні розрахунки напружень, зусиль і деформацій, що функціонально відображають реальний вплив основних параметрів на точність формоутворення. Проте, зазначені методики розрахунку можна покласти за основу теоретичних досліджень процесів навивання. Так, із вивченням процесів навивання та розроблення методики врахування все

більшого числа факторів в аналітичних розрахунках, вони стають точнішими й повніше відображають реальні умови формоутворення.

2.2. Результати досліджень технології виготовлення гвинтових і кільцевих заготовок деталей машин

Науковою основою технологічних процесів виготовлення деталей машин методами пластичного деформування служить теорія оброблення металів тиском, на якій ґрунтуються загальні принципи раціональної побудови та аналізу досліджуваних у даній роботі технологічних процесів. Вона базується на теорії пластичної деформації, яка теоретично й експериментально досліджує механізми формозміни металів, встановлює впливи різноманітних факторів на процеси деформування.

Для процесів формоутворення заготовок навиванням введено новий критерій, який враховує коефіцієнт питомої висоти та радіус кривизни навивної заготовки. З цією метою запропоновано новий показник – коефіцієнт технологічної складності процесу навивання гвинтових заготовок на оправу (K_{mc}), який визначається за залежністю:

$$K_{mc} = \left(\frac{B}{r}\right)^x \cdot K_e, \quad (2.13)$$

де x – показник степеня функції, K_e – коефіцієнт, який враховує параметри процесу формоутворення ($K_e=0,7-1,1$); r – радіус оправы.

Попередні дослідження показали, що стабільний процес формоутворення прокачування здійснюється за умови, коли коефіцієнт нерівномірності витягування $\psi = \frac{(r+B)}{r} \leq 2,6$.

Тоді

$$K_{mc} = (\psi - 1)^x \cdot K_c \quad (2.14)$$

Експериментально уточнено значення коефіцієнту технологічної складності, який оцінюється зведеною висотою $b_{зв}$

$$b_{\text{вв}} = (\psi - 1)^x K_e b', \quad (2.15)$$

де $b' = \frac{B}{H}$ - питома висота заготовки.

Результати проведеного літературно-патентного огляду теоретичних та експериментальних досліджень технологічних процесів формоутворення гвинтових і кільцевих заготовок деталей машин дали змогу узагальнити основні критерії їх оцінки та зробити такі висновки.

Аналізуючи проведені теоретичні дослідження, варто відмітити, що розроблення наукових засад створення раціональних технологічних процесів на основі теорії пластичності наптовується на значні труднощі, пов'язані з одночасним впливом багатьох факторів, які не дозволяють у більшості випадків отримати точні розрахунки напружень, зусиль і деформацій, що функціонально відображають реальний вплив основних факторів на процес формоутворення.

Проте, запропоновані формули та методики розрахунку в перелічених джерелах можуть братись за основу в розробленні теоретичних передумов процесів пластичного деформування методами згинання. Так, у процесі вивчення методів одержання витих заготовок та розроблення методики врахування все більшого числа факторів в аналітичних розрахунках, вони стають точнішими й повніше відображають реальні умови формоутворення.

Аналіз відомих технологічних процесів виготовлення гвинтових і кільцевих заготовок методами навивання показав, що вони не забезпечують виготовлення профільних деталей належного рівня технологічності згідно вимог до таких показників, як працемісткість і собівартість виготовлення, коефіцієнт використання матеріалу, точність і шорсткість. Крім того, чинні технологічні процеси не повністю враховують вплив технологічних факторів на енергетичні параметри процесів формоутворення.

Недостатньо досліджені технологічні процеси виготовлення профільних гвинтових заготовок і конструкції технологічного устаткування й спорядження та методики їх проектування, вплив обтиску на конструктивні параметри гвинтових деталей та їх оптимізація. Потребує доопрацювання теорія і

технологія навивання, прокатування і профілювання широкострічкових спіралей шнеків.

В дослідженні силових параметрів процесів формоутворення можна навести наступні результати.

У випадку деформування моментом згинання поздовжні та поперечні сили відсутні, кривина середньої поверхні постійна у будь-який момент деформування. Згідно з гіпотезами плоских перерізів або постійності нормалей перерізи, перпендикулярні до середньої поверхні заготовки, залишаються

плоскими в процесі зміни кривини згинання. Під час згинання моментом

широкої стрічки деформації у напрямках, перпендикулярних до площини, в якій проходить зміна кривини середньої поверхні, відсутні.

В результаті аналізу методів формоутворення гвинтових заготовок встановлено великий розрив в сторону зниження можливостей матеріалів як за

граничними деформаціями, так і за коефіцієнтом використання матеріалу та необхідності наближення до максимальної продуктивності, якості оброблення, підвищення надійності та довговічності.

Аналіз результатів експериментальних і теоретичних досліджень, свідчить, що вони не беруть до уваги множини факторів, які мають вплив на

усадку стрічки. Однак встановлено, що у процесах формоутворення навиванням усадка стрічки залежить від пластичності матеріалу, ступеня деформації, співвідношення товщини та ширини заготовки, значення плеча

прикладання згинальної сили, конструктивних параметрів пристрою тощо, що потрібно брати до уваги в подальшому дослідженні процесів навивання.

2.3. Теоретичні передумови формоутворення гвинтових гофрованих заготовок

Одним із способів виготовлення ГГЗ є формування гофр за допомогою зубчастих коліс з відповідним профілем зубів (рис. 2.4)

Розглянемо процес утворення гофрованих заготовок прямозубими колесами.

Визначимо зусилля P_0 , яке необхідне для гнуття заготовки у вигляді стрічки між двома прямозубими колесами.

Розглянемо цей випадок, як балку, що загинається навколо робочих кромek зубів в чотирьох точках E з радіусом згину r .

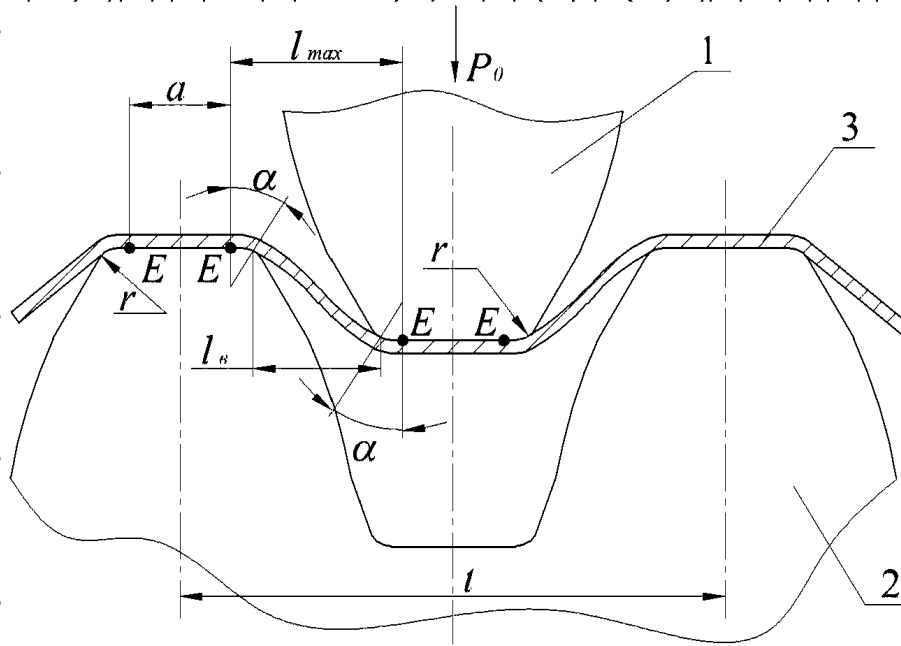


Рис. 2.4 – Розрахункова схема гофроутворення

1 – зуб верхнього колеса; 2 – зуб нижнього колеса; 3 – стрічка

Із умови рівності згинаючих моментів зовнішніх і внутрішніх сил можна вивести рівняння [3]:

$$M = P_0 \cdot l_B = 4W (1,5 + \varepsilon_b) \sigma_b = \frac{4bs^2}{6} (1,5 + \varepsilon_b) \sigma_b, \quad (2.16)$$

де W – момент опору гнуттю;

ε_b – відносне видовження даного матеріалу в момент початку утворення шийки;

σ_b – тимчасовий остр розриву;

b – ширина стрічки;

s – товщина стрічки;

l_a - величина плеча, яке змінюється по мірі опускання зуба у впадину, визначається із геометричних співвідношень.

$$l_a = \frac{t}{2} - a - 2r \cdot \sin \alpha, \quad (2.17)$$

де t - крок зубів;

a - величина прямолінійної ділянки зуба;

r - радіус заокруглення при вершині зубів;

α - кут гнуття, що утворюється в результаті переміщення крайньої точки контакту матеріалу із заокругленнями зубів.

Тоді:

$$P_0 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6 \left(\frac{t}{2} - a - 2r \cdot \sin \alpha \right)}. \quad (2.18)$$

Оскільки, крім зусилля, потрібного для гнуття, доводиться також долати силу тертя між поверхнею деталі і робочими кромками зубів при переміщенні заготовки, то дійсне зусилля P буде завжди більшим на величину сили тертя F_{mp} , яку при коефіцієнті тертя $\mu = 0,3$ можна прийняти з деяким запасом:

$$P = P_0 + F_{mp} = 1,3P_0. \quad (2.19)$$

Найменше зусилля гофроутворення буде при горизонтальному положенні стрічки на початку гнуття при $l_{\max} = \frac{t}{2} - a$, найбільше в кінці, коли $\alpha \rightarrow 90^\circ$.

Для цього випадку

$$P = 1,3P_0 = \frac{1,3 \cdot 4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6 \left(\frac{t}{2} - a - 2r \right)}. \quad (2.20)$$

Аналізуючи процес формоутворення гофр між двома кінчними зубчастими колесами (рис. 2.2), встановлено, що згідно (2.17) плече l_a буде змінюватися рівномірно вздовж всієї ширини заготовки.

Звідси, сила гофроутворення на більшому радіусі гнуття буде меншою ніж на меншому радіусі гнуття.

Крім цього, внаслідок виникнення різниці напружень по ширині стрічки, утворюється гофрована спіралевидна поверхня.

Зусилля, що необхідне для гофрування двома конічними зубчастими колесами P_{cp} , визначимо як середнє значення зусиль гнуття по більшому і меншому радіусах з врахуванням сили тертя на переміщення заготовки.

$$P_{cp} = 1,3 \frac{P_3 + P_B}{2}. \quad (2.21)$$

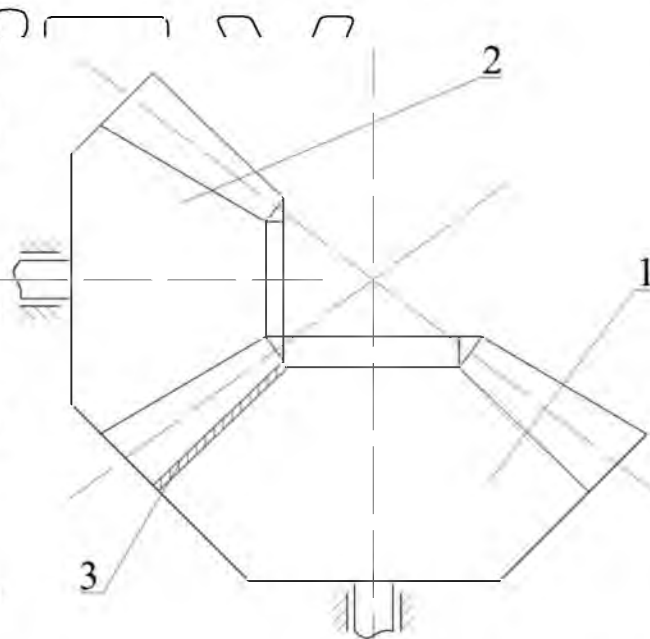


Рис. 2.5 - Схема утворення гофрованої поверхні конічними колесами.

1 – ведуче конічне колесо, 2 – ведене конічне колесо, 3 – стрічка

Згідно (2.18)

$$P_3 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - a_3 - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)}. \quad (2.22)$$

$$P_B = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_B}{2} - a_B - 2r_B \cdot \sin \alpha\right)}. \quad (2.23)$$

де P_3 і P_B - відповідно зусилля гофроутворення по більшому і по меншому радіусах.

t_3 і t_B - відповідно крок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;

a_3 і a_B - відповідно величини прямолінійних ділянок зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс;

r_3 і r_B - відповідно радіуси заокруглення при вершинах зубів на зовнішньому і на внутрішньому діаметрах конічних зубчастих коліс.

Крім вищезгаданих способів утворення гофр можна використовувати прямі і конічні колеса із зубами, що відповідають профілю утворюваної гофри (рис. 2.6). Перевагою цього методу над попередніми є те, що утворюються криволінійні ділянки при гнутті.

Зусилля гофроутворення колесами із спеціальними зубами P_0 визначаємо аналогічно до зусиль при використанні модульних зубчастих коліс. Змінюється лише значення плеча l_0 :

$$l_0 = \frac{t}{2} - 2r_3 \sin \alpha \quad (2.24)$$

Для прямозубих коліс:

$$P_{0np} = \frac{1,3 \cdot 4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t}{2} - 2r_3 \cdot \sin \alpha\right)} \quad (2.25)$$

Для конічних коліс:

$$P_{cp} = 1,3 \frac{F_3 + F_B}{2} \quad (2.26)$$

$$P_3 = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6\left(\frac{t_3}{2} - 2r_{33} \cdot \sin \alpha\right)} \quad (2.27)$$

$$P_{\text{гфр}} = \frac{4bS^2(1,5 + \varepsilon_b)\sigma_b}{6 \left(\frac{t_B}{2} - 2r_{3B} \cdot \sin \alpha \right)} \quad (2.28)$$

На основі рівнянь (2.27-2.28) побудовано графіки (рис. 2.6 – 2.9) сили гофроутворення в залежності від товщини і ширини стрічки, а також кроку

гофр.

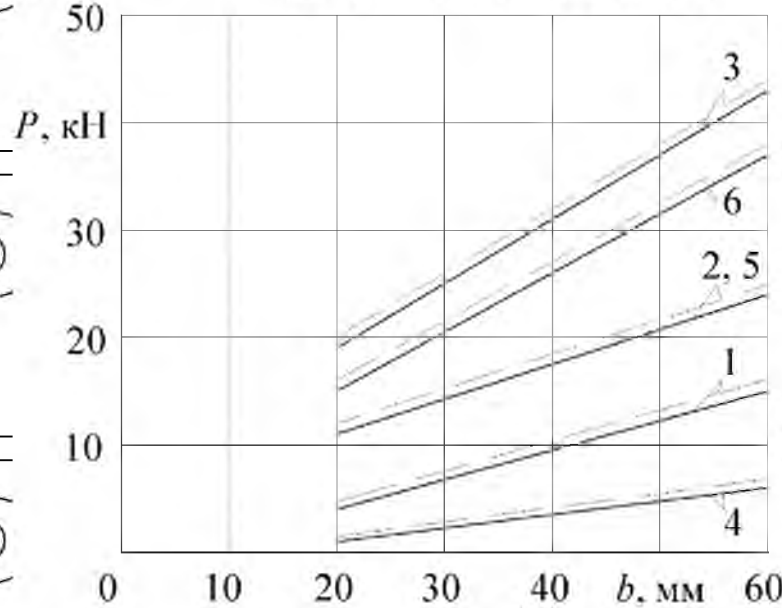


Рисунок 2.6 - Залежність сили гофроутворення від ширини стрічки $t=20\text{мм}$; $\alpha=70^\circ$

сталь 08кп – 1) $S=1\text{мм}$; 2) $S=1,5\text{мм}$; 3) $S=2\text{мм}$;
 алюміній Д16М – 4) $S=1\text{мм}$; 5) $S=2\text{мм}$; 6) $S=2,5\text{мм}$;
 - - - - - прями колеса ———— конічні колеса

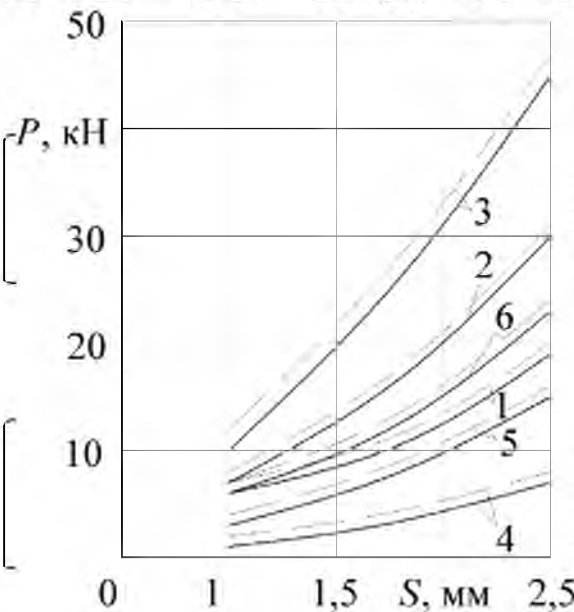


Рисунок 2.7 - Залежність сили гофроутворення від товщини стрічки $t=10$ мм;

$\alpha=80^\circ$: сталь 08кп – 1) $b=20$ мм; 2) $b=40$ мм; 3) $b=60$ мм;

алюміній Д16М – 4) $b=30$ мм; 5) $b=40$ мм; 6) $b=60$ мм;

----- прями колеса ————— конічні колеса

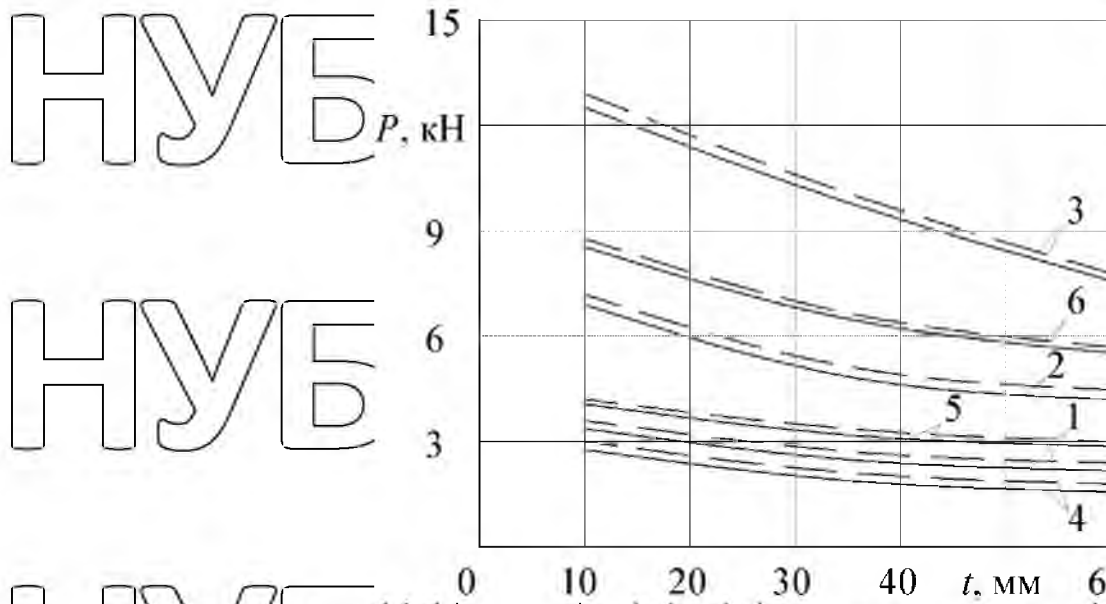


Рисунок 2.8 - Залежність сили гофроутворення від кроку гофру $S=1.5$ мм $\alpha=60^\circ$:

сталь 08кп – 1) $b=20$ мм; 2) $b=30$ мм; 3) $b=50$ мм; алюміній Д16М – 4)

$b=30$ мм; 5) $b=40$ мм; 6) $b=60$ мм;

----- прями колеса ————— конічні колеса

РОЗДІЛ 3.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ
ОБ'ЄКТУ РОЗРОБКИ3.1. Класифікація гвинтових профільних заготовок за
конструктивними і технологічними ознаками

Відповідно до зростанням рівня технічних вимог до гвинтових механізмів і розширенням сфери використання зростають і вимоги до конструктивного виконання їх робочих органів, одержаних гвинтових профільних заготовок (ГПЗ). Усе це вимагає розроблення моделей і методів їх створення, опису та розрахунку.

Однак, реалізація цих питань неможлива без вирішення на заданому рівні задач структурного аналізу, вираженого методами поелементної систематизації, що дає змогу здійснювати синтез нових конструкцій

Класифікацію ГПЗ за окремими характеристичними параметрами профілю та іншими ознаками (типом спіралі, технологією її виготовлення, функціональним призначенням тощо) наведено в ряді робіт, однак, вона неповністю охоплює варіанти їх можливого конструктивного виконання.

Аналіз існуючих конструкцій ГПЗ свідчить, що їх можна класифікувати за такими ознаками:

- геометрією профілю поперечного перерізу витка спіралі;
- геометрією профілю площини витка (профіль зовнішнього та внутрішнього контурів твірної площини витка);
- конструктивними особливостями виконання площини витка ГПЗ;
- напружено-деформованим станом витка спіралі;
- матеріалом, з якого виготовлена спіраль;
- матеріалом покриття спіралі;
- способом кріплення складових елементів профілю тощо.

Крім цього, в машинобудуванні відсутні надійні вимірювальні пристрої

як комплексного, так і поелементного контролю конструктивних параметрів ГПЗ.

ГПЗ за призначенням поділяються на конструктивні, які виконують певну роль в конструкції механізму, і технологічні, що застосовуються для полегшення виконання операцій в технологічному процесі виготовлення деталі, як показано на рис. 3.1.

Конструктивні ГПЗ використовуються в механізмах:

- опорні елементи механізмів, бандажні кільця, ребра жорсткості;
- транспортуючі механізми: лопаті, піднімальні елементи стрічкових

конверсів, лотки;

- гідравлічні механізми, елементи труб, масляні насоси, фільтри;

- арматура: кільця, виготовлені з Г і П подібних профілів;

- з'єднувальні елементи: труб, муфти;

- захисні елементи: антивідкати, від корозії, забруднення;

- гальмівні механізми: зупинники, барабани лебідок.

Залежно від технологічного виконання гвинтові профільні заготовки можна поділити на: транспортні та очищуючі; подрібнюючі та сепаруючі; сортуючі та пресуючі; розкидаючі; -стопорні, гальмівні, захисні; ті, що застосовуються в технологічних пристроях.

Класифікація ГПЗ за схемою профільно поперечного перерізу витка нами проведена на основі існуючої класифікації прокатних профілів та доповненої з урахуванням інших методів формоутворення.

За формою поперечного перерізу: Г - подібні, П - подібні, Г - подібного неповного, з нахилом полицки і перпендикулярними полицками.

Гвинтові заготовки, в свою чергу, залежно від форми поперечного перерізу поділяють на циліндричні, конічні, еліпсні, профільні, циліндричні зі зміщеною віссю обертання, фасонні.

Кріплення готових гвинтових профільних заготовок можна здійснювати так, щоб вони самі утворювали трубу, з механічним кріпленням, приварені до труб як по зовнішньому, так і по внутрішньому діаметру.

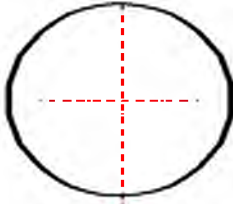


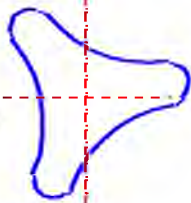
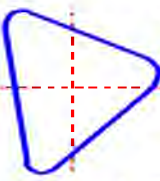
Симетрія профілів кожної групи повинна бути однаковою (дві осі симетрії, вертикальна вісь симетрії, горизонтальна вісь симетрії, асиметричні профілі тощо)

За геометрією профілю виконання зовнішнього та внутрішнього контурів площини витка слід розрізнити 6 типів варіантів, схеми яких подано у табл. 3.1.

НУБІП УКРАЇНИ

Таблиця 3.1

Схема варіантів виконання профілю зовнішнього та внутрішнього контурів твірної площини витка

№	Код	Назва виконання	Схема виконання	№	Код	Назва виконання	Схема виконання
1	С	Круглі		4	S	Гвинтові	
2	Е	Еліптичні (обвальні)		5	Н	Кулачкові	
3	М	Багато-гранні		6	І	Комбіновані	

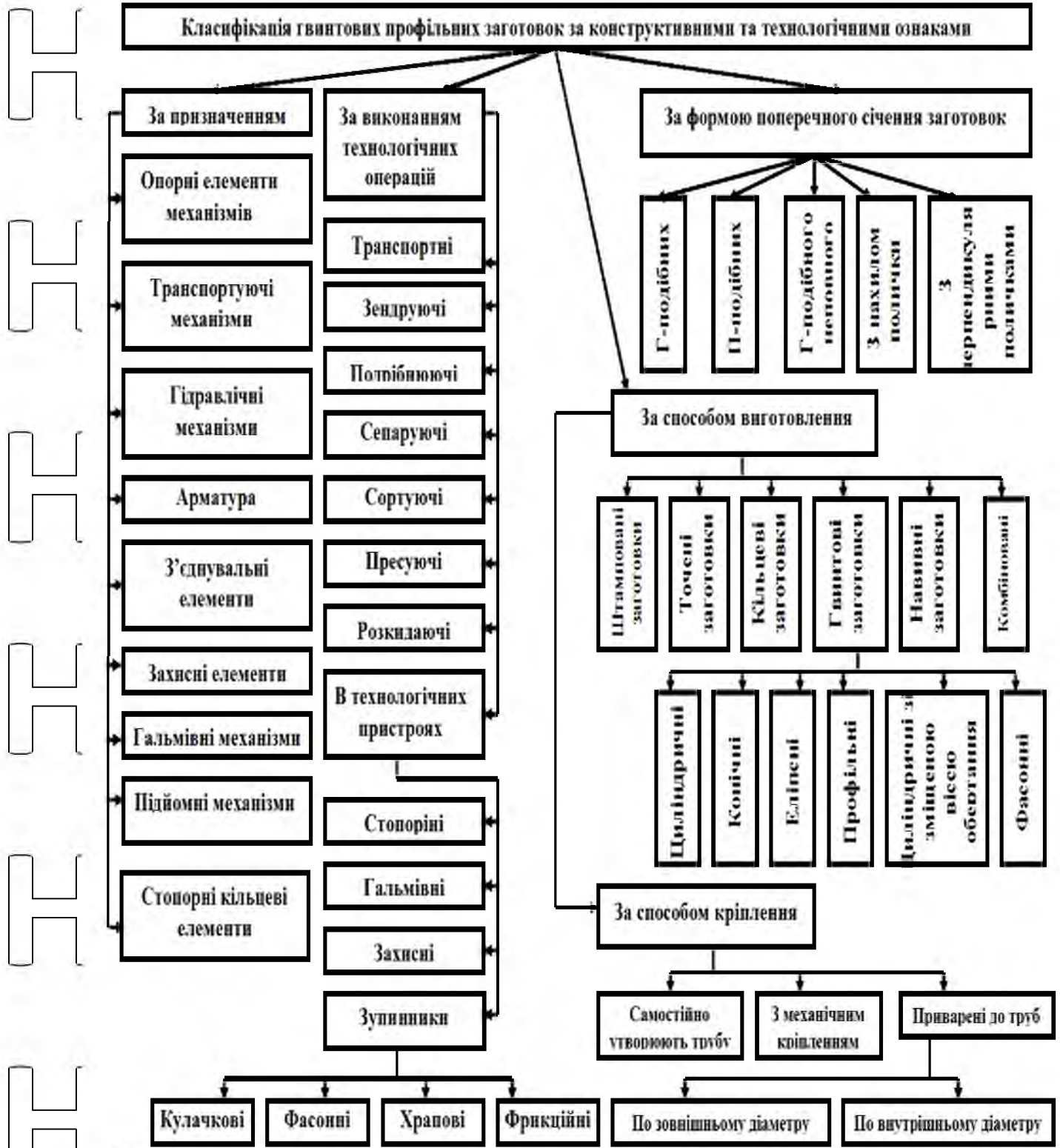
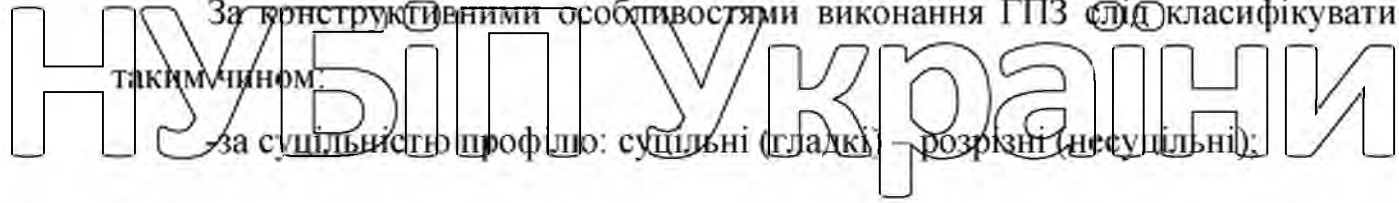


Рис. 3.1. Класифікації гвинтових профільних заготовок

За конструктивними особливостями виконання ГПЗ слід класифікувати таким чином:

за щільністю профілю: суцільні (гладкі) – розрізні (несуцільні);



-за періодичністю профілю: періодичні (гофровані) – неперіодичні;
 -за типом спіралі: звичайні, стрічкові, рифові, каркасні, радіально-профільні (ленатеві, радіально-пруткові тощо).

Вибір конкретного профілю конструктивного виконання ГПЗ визначається технологією його виготовлення (рис.2.2). ГПЗ можна виробляти із заготовок, виготовлених вальцюванням, штампуванням і навиванням та іншими методами.

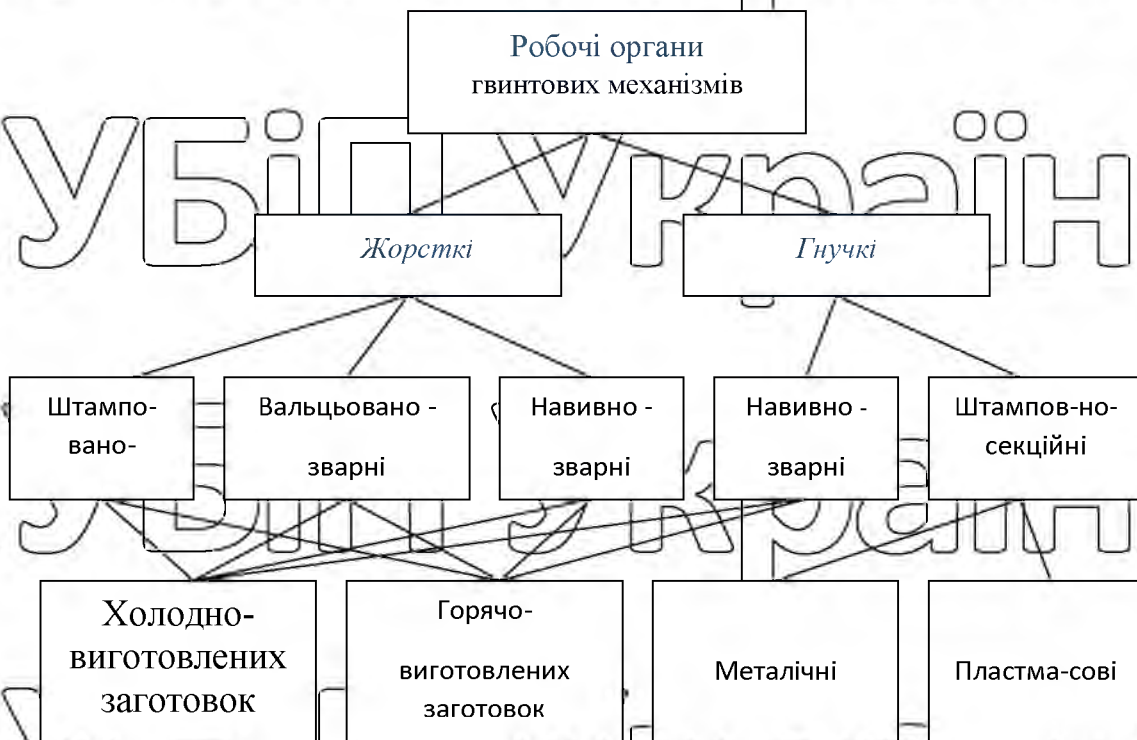


Рис. 3.2. Технологія виготовлення профілю конструктивного виконання

ГПЗ

Класифікують ГПЗ за профілем і технологією виготовлення заготовок та самого робочого органу гвинтового механізму, а також доцільно класифікувати залежно від умов їх застосування:

-спіралі, які використовують у промисловості та сільському господарстві як окремі деталі машин і механізмів;

-спіралі, які в машинах і механізмах використовують у спряженні з іншими спіралями або деталями.

Для проектування технологічних процесів формоутворення ГПЗ різної конфігурації з різними функціональними можливостями згідно зі зведеною класифікацією та спорядженням запропоновано багатоваріантну структуру технологічних і кінематичних схем. За отриманою структурою здійснюють вибір необхідної конструкції заготовки для наступних видів навівання: неперервний технологічний процес формоутворення: навівання ребристого профілю; навівання Г-подібного профілю; навівання конусних спіралей; навівання широкосмугових спіралей.

З таких заготовок можна виготовляти деталі типу тіл обертання (ободи колеса, кільця, шайби, фланці, кулачки тощо) (рис. 3.3), робочі органи гвинтових механізмів – спіралі шнеків (рис. 3.4).

Впровадження раціональних технологічних процесів формоутворення навівних заготовок деталей машин з гвинтовими елементами в машинобудуванні забезпечує підвищення продуктивності праці й зниження матеріаломісткості виробів, розширює номенклатуру деталей, які виготовляють із цих заготовок та їх функційні можливості для виконання різних технологічних операцій та виготовлення механізмів різного службового призначення.

Переваги використання Г-подібних заготовок деталей машин для різних типів виробництв такі:

1. Виготовлення на універсальних верстатах з використанням лише спеціалізованого пристрою.
2. Застосування запропонованих ресурсощадних технологій, що дає змогу суттєво заощадити кошти на матеріали, інструменти, енергію тощо.
3. Для виготовлення Г-подібних навівних заготовок не потрібне використання різальних інструментів.
4. Застосування цієї технології дає змогу отримувати заготовки в широкому діапазоні значень їх характеристик, внаслідок чого зменшується до мінімуму або зовсім зникає потреба в постачанні заготовок з інших підприємств.

5. Спрошується термооброблення заготовок деталей та ремонт.



Рис. 3.3. Робочі органи гвинтових механізмів.

1-гвинтовий механізм для пресування різних матеріалів; 2-гвинтовий конвеєр з висувною штангою; 3-гвинтовий конвеєр закритого або відкритого типу; 4-вертикальний вібробункер; 5-вібраційний підйомник; 6-фрикційно-роликівий зупинник; 7-8-гвинтовий храповий зупинник; 9-багатоканальний живильник з

точним базуванням заготовок; 10-гнучкий гвинтовий Г-подібний конвеєр; 11-гвинтовий механізм подачі пруткових заготовок; 12-гвинтовий транспортер підравліч; 1-гвинтовий очисник

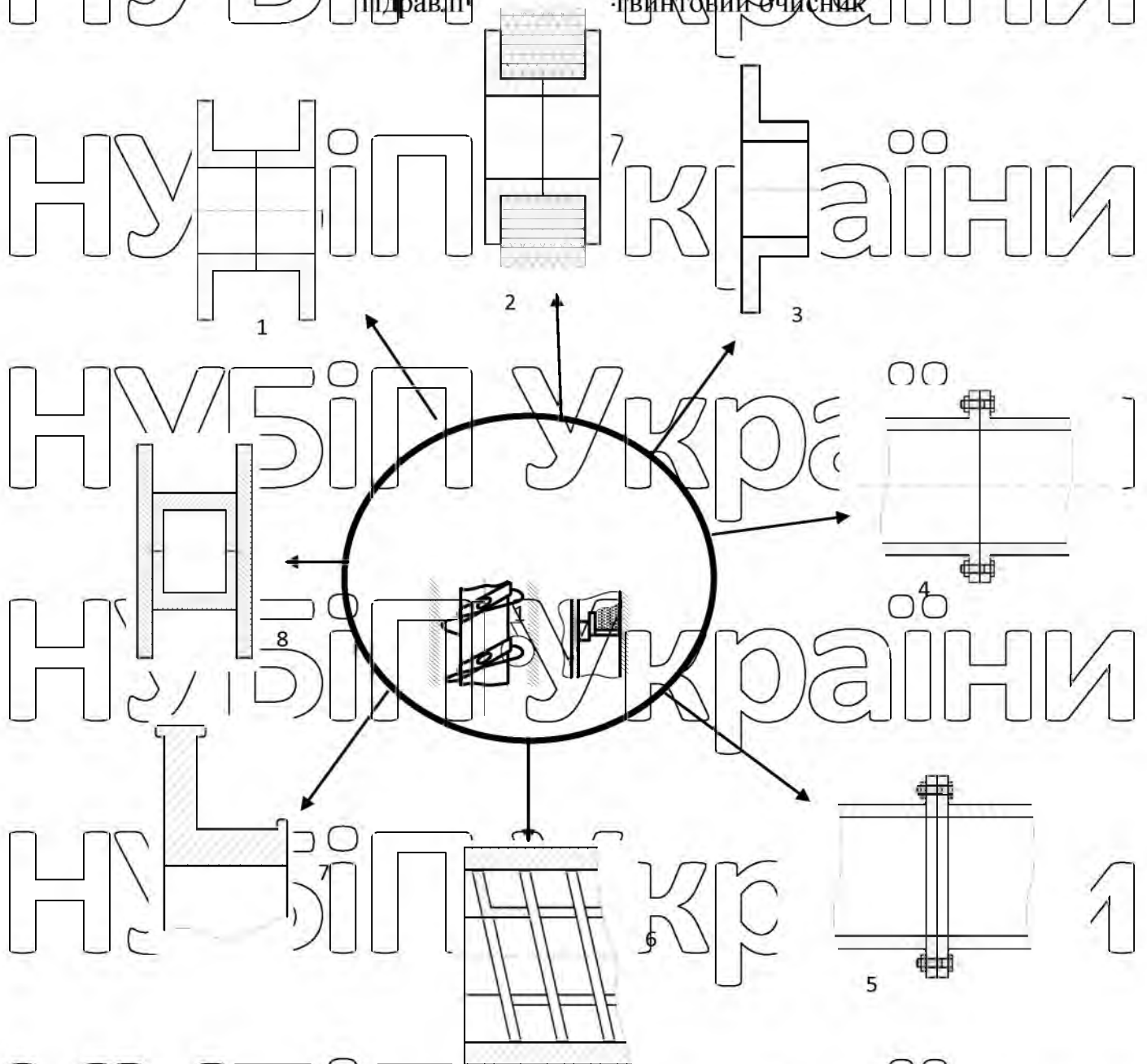


Рис. 3.4. Види заготовок для виготовлення деталей машин:

1-опора; 2-ободи коліс; 3-фланець; 4-з'єднання фланця; 5- з'єднання фланців наглухо; 6-арматура; 7-неповна опора, 8- жорстка опора

Переважно деталі з навивних заготовок майже не потребують механічного оброблення, оскільки відомі методи навивання заготовок забезпечують високу їх точність як за внутрішнім, так і за зовнішнім

діаметрами. У разі необхідності підвищення точності деталей, виготовлених із навивних заготовок, здійснюють подальше їх механічне оброблення на чистових та викінчувальних операціях.

3.2. Технологічне забезпечення виготовлення заготовок ободів коліс

Гвинтові та кільцеві заготовки різного профілю знаходять все більше використання у сучасному машинобудуванні. Впровадження нових

раціональних технологічних процесів для формоутворення різних прокатних

профільних забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- і енергоємності виробів, розширює номенклатуру машин та механізмів до складу яких вони входять, а також їх функціональні можливості.

Так, на рис. 2.5. зображено пристрій для виготовлення профільних ободів коліс транспортно-технологічних систем, який складається з плити 1, до якої жорстко приєднаний електромотор 2 з муфтою з'єднання 3, нижньої частини корпусу 4, в якому встановлено три нижніх валки 5 із зубчастим зачепленням 6. У верхній частині пристрою над нижніми валками 5 встановлено один або два верхніх валки 7, які за допомогою зубчастої передачі 6 з'єднані з нижнім центральним валком 5. На нижніх валках 5 і верхньому валку 7 виконано три пари пазів 8 шириною, більшою за товщину смуги для формоутворення циліндричних ободів зі смуги на ребро або Г-подібних заготовок.

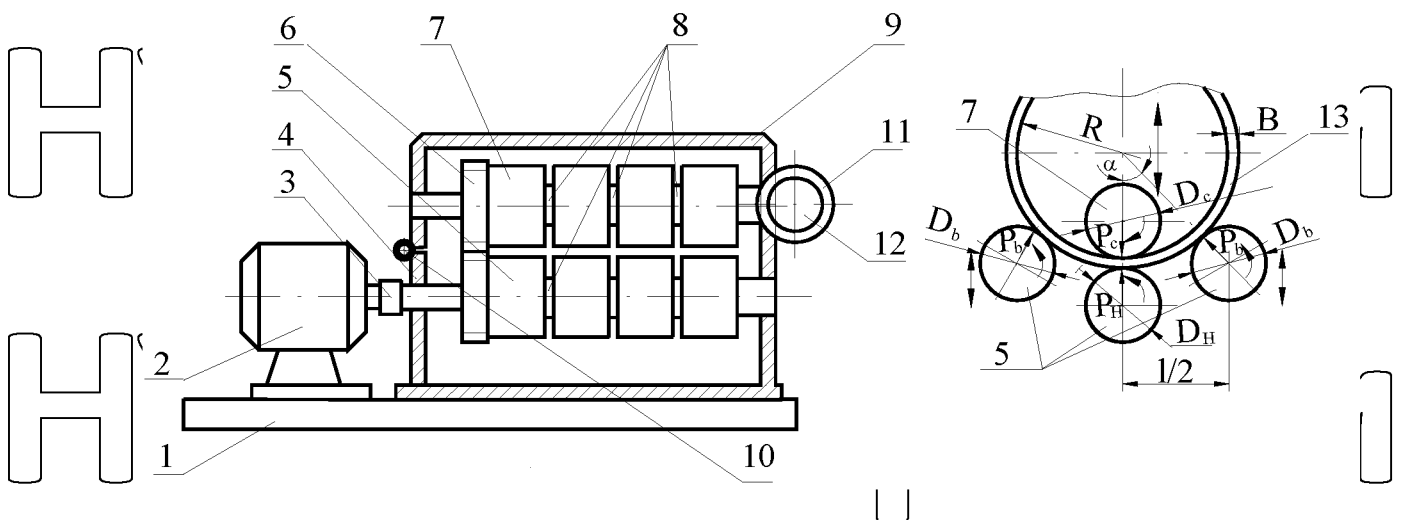


Рис. 3.5. Схема пристрою для виготовлення профільних ободів коліс транспортно-технологічних систем

Верхній валок 7 встановлено у верхній частині корпусу 9, яка за допомогою петлі 10 з'єднано з нижньою частиною корпусу 4. Жорстке кріплення цих частин корпусів між собою під час роботи забезпечується за допомогою співвісних втулок 11 та фіксатора 12, який по посадці ковзання входить у втулки 11.

Важливою умовою функціонування такого технологічного устаткування є забезпечення трибологічних умов взаємодії формуючих інструментів зі стрічкою.

Крім цього, розроблено способи виготовлення ободів різного профілю у вигляді кільцевих та гвинтових заготовок, які показано на рис.2.6.

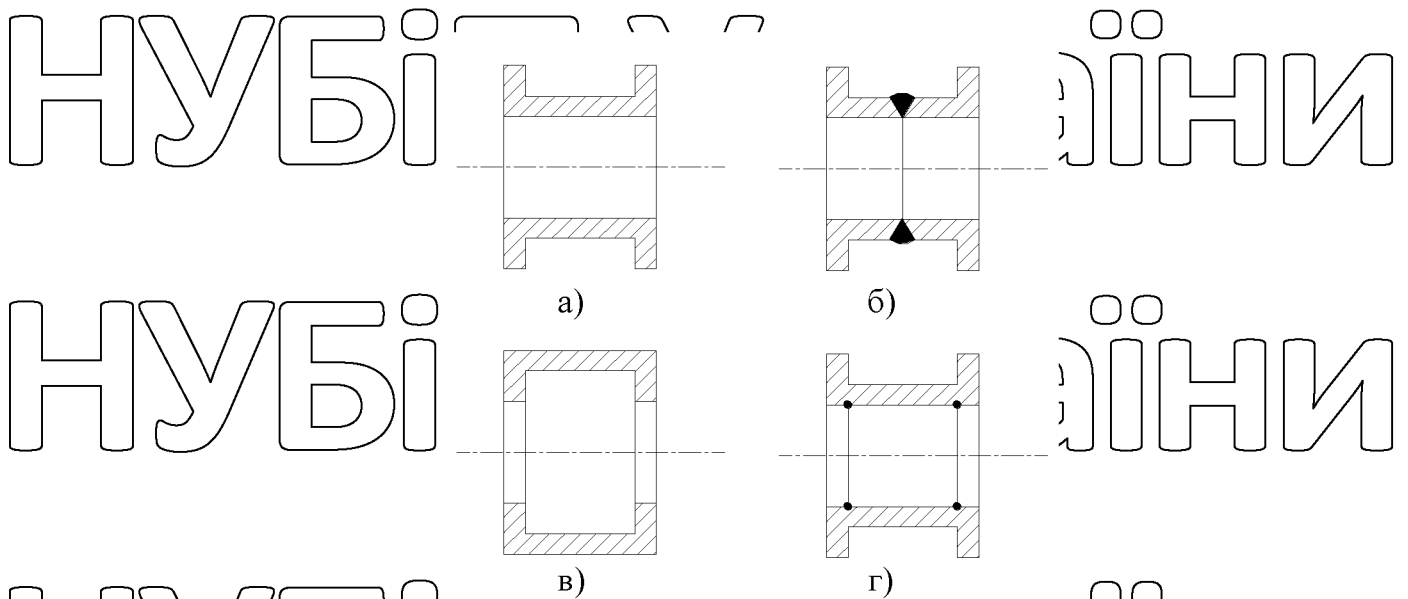


Рис.3.6. Способи виготовлення ободів транспортних систем:

- а) обод з зовнішніми вертикальними полицками; б) обод з двох Г-подібних полицок; в) обод з внутрішніми вертикальними полицками; г) обод з двох П-подібних полицок

На рис. 27, подано схему пристрою для виготовлення профільних гвинтових заготовок. Він складається з еліпсної оправи 1, яка лівим кінцем жорстко кріпиться в патрон 2 токарного верстату, а правим кінцем підтиснута центром 10. У верхній частині над оправою 1 на кронштейні встановлено притискний формувальний ролик 4, який за допомогою двох опор встановлено в кронштейні 3 з можливістю обертового руху навколо власної осі. На зовнішній поверхні формувального ролика 4 виконано гвинтову канавку 5, що сприяє переміщенню гвинтової заготовки із зони формоутворення. Ролик 4 по відношенню до оправи 1 встановлено так, щоб зубчасті колеса 13, розміщені на роликку і на оправі, перебували в зачепленні. Для закріплення кінця заготовки використовують еліпсну втулку 7 з осьовим торцевим пазом 9, яка має осьове переміщення по еліпсній частині оправи 1. Кронштейн 3 жорстко кріпиться до супорта верстату 11 через регульовальні прокладки 12, товщина яких підбирається залежно від ширини смуги, з якої виготовляється гвинтова заготовка 6. Після навивання 2-5 витків еліпсна втулка знімається з оправи і процес навивання здійснюється неперервно.

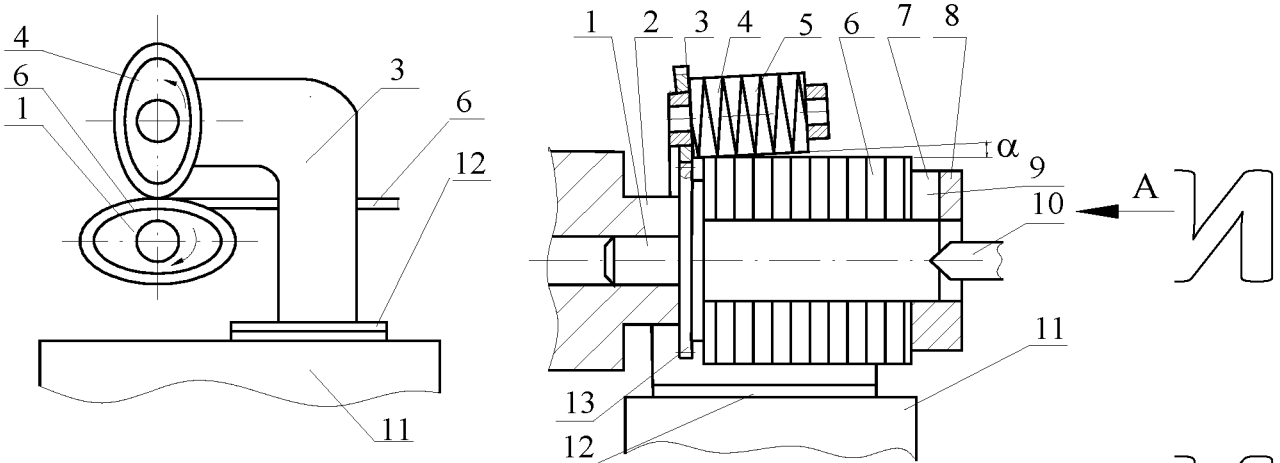


Рис. 3.7. Схема пристрою для виготовлення профільних гвинтових заготовок

Трибологічна умова реалізації процесу неперервного навивання для встановленого режиму має вигляд.

$$\int_0^{\phi} H_0 \mu_0 \sigma_r(\phi, N, \dots) (ab\tilde{F})^{\frac{1}{2}} (b^2 \cos^2 \phi + a^2 \sin^2 \phi)^{\frac{1}{4}} d\phi \leq \tilde{F} \quad (3.1)$$

де $\sigma_r(\phi, N, \dots)$ - контактне нормальне напруження на оправі, яке визначається з енергетичної умови пластичності та умови рівноваги для згину;

a, b - півосі еліпсного профілю поперечного перерізу оправі;

N - поздовжнє зусилля яке має місце у зоні згину;

μ_0 - коефіцієнт тертя стрічки по оправі в напрямку її зміщення;

\vec{F} - сила зсуву пакету витків.

Внаслідок значного впливу на величини μ_1, μ_0 стану поверхні стрічки, що згинається (окалини, раковини, забруднення мастилами), точний вибір їх значень проблематичний. Для конструювання пристроїв рекомендується

приймати для заготовок із гарячекатаного прокату $\mu_1(\mu_0) < 0,2$, для холоднокатаного $\mu_1(\mu_0) < 0,12$. Для збільшення фрикційної взаємодії оправі

(валків) із заготовкою доцільно передбачати на їх поверхнях 3-4 поздовжні канавки. В конструюванні валків слід враховувати, що коефіцієнт тертя кочення валків по заготовці із гарячекатаного листа чорного металу $f=0,8$, по заготовці із холоднокатаного листа чорного металу $f=0,5$ і по заготовці із кольорового металу $f=0,3 - 0,4$, а коефіцієнт тертя кочення валків по опорним роликам $f=0,2$.

Використання запропонованих пристроїв для виготовлення фланців та відповідно до визначених трибологічних умов їх функціонування забезпечує значну ефективність виготовлення профільних гвинтових та кільцевих заготовок, виконання яких класичними методами ускладнене.

3.3. Технологічні основи формоутворення гофрованих гвинтових заготовок

Одним із шляхів підвищення ефективності процесів змішування, є використання гвинтових стрічкових робочих органів із зовнішньою або внутрішньою гофрованою поверхнею. При цьому забезпечується інтенсифікація зсувних деформацій в змішувальному середовищі. Гофрована

поверхня забезпечує зсув та розділення шарів сипкого матеріалу, а також цьому сприяє зміна величини кроку гвинтової стрічки.

Розроблено ряд конструкцій гвинтових стрічок з гофрами за зовнішнім і внутрішнім діаметрами і за всією шириною стрічки (рис. 3.5).

Оскільки технологія виготовлення таких шнеків не використовується і не відпрацьована, то необхідно розробити методику профілювання гофрованої спіралі і провести відповідні технологічні розрахунки проектування технологічного оснащення.

Практично гофровані спіралі можна виготовити методами прокатування і навивання на оправу. Враховуючи, що енерговитрати прокатування в 3...5 разів більші ніж навивання то рекомендуємо це робити навиванням.

Процес навивання стрічки на ребро при використанні заготовки зі співвідношенням ширини стрічки (В) до її товщини (Н) в межах 10...15 не представляє складності. У випадку навивання на ребро із співвідношенням 15...25 процес нестійкий, стрічка лягає на оправу, відбувається процес гофроутворення. При цьому гофри утворюються різних розмірів і форми, процес є не керованим і з великим розкидом конструктивних параметрів. Для упорядкування цього процесу необхідно задатися аналогічними взаємозв'язаними залежностями, які описують профіль гофра. Розробити робочі креслення технологічного оснащення для їх формування. Як вдалося встановити гофри можна формувати як за всією шириною стрічки так і за внутрішнім діаметром на частині ширини стрічки.

Гофри можуть бути товщиною рівною товщині стрічки і зі зменшеною товщиною матеріалу. Закон зміни ширини поперечного січення стрічки, виходячи з того, що максимальне радіальне напруження мале в порівнянні з напруженням текучості при використанні нестиснуваності, можна виразити залежністю [1]:

$$h_p = H_0 \sqrt{\frac{\rho_0}{\rho}} \quad (3.1)$$

де: h_p - товщини поперечного січення на віддалі ρ_0 від центра кривизни,

H_0 – товщина стрічки;
 ρ_0 – радіус нейтрального шару деформації;
 ρ – біжучий радіус кривизни

Радіус нейтрального шару деформації ρ_0 знаючи співвідношення

ширини спіралі, після формоутворення, до її початкового значення $\beta_y = \frac{B_1}{B}$ можна визначити аналітично [2] з умови постійності об'ємів елементарної ділянки до і після згину

$$\rho_0 = \beta_y^2 \left(\frac{2\rho_g}{\left(\sqrt{\frac{\Delta_r n}{2\pi}} + \sqrt{\frac{\Delta_r n}{2\pi}} \right)^2} \right), \quad (3.2)$$

де: n – параметр, який залежать від матеріалу заготовки і технологічних умов формоутворення.

Методологія проектування профілів гофр повинна базуватися на пластичних, міцнісних та інших технологічних характеристиках металу полоси.

Потрібно враховувати і технологічні характеристики об'єкту виробництва і задаватися відповідним профілем і кількістю гофр на одному витку спіралі, їх параметрами.

Зовнішній радіус витків за початкової ширини стрічки можна визначити за формулою:

$$R = \frac{\Delta_r n}{2\pi} + \beta_y \cdot B. \quad (3.3)$$

Експериментально встановлено, що коефіцієнт ущільнення, навиваючи на оправу гофровані спіралі, описується залежністю:

$$\beta_y = m \left[2(r + B) / D_{em} \right]^n. \quad (3.4)$$

де: D_{em} – діаметр втулки, який обтискує полосу при формоутворенні;

m – параметр, який залежать від матеріалу заготовки і технологічних умов формоутворення.

Кут нахилу трапецевидного профілю полоси, який утворюється в процесі навивання з прямокутного визначаємо із залежності:

$$\operatorname{tg} \gamma = \sqrt{\frac{(1 - \beta_y) \cdot B}{2 \cdot R_{em}}} \quad (3.5)$$

Після щільного навивання спіралі її розтягують на крок, зменшуючи внутрішній та зовнішній діаметри спіралі, що приводить до зміни кроку спіралі в певному співвідношенні. При змінних B та r відповідно крок спіралі можна визначити з залежності:

$$T = \sqrt{\frac{\Delta_R^2 \cdot n^2 - \Delta_r^2 \cdot n^2 \cdot \psi^2}{\psi^2 - 1}} \quad (3.6)$$

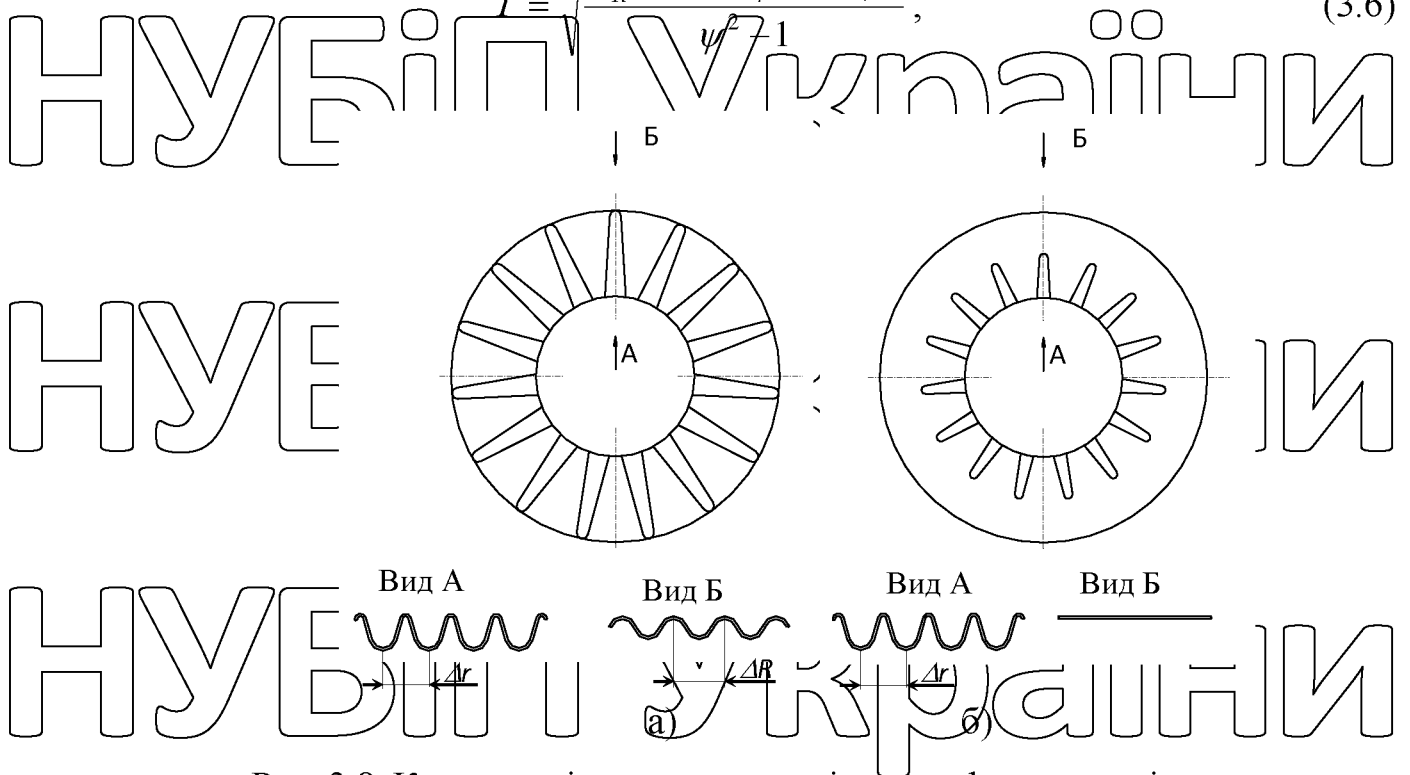


Рис. 3.8. Конструкція гвинтових стрічок з гофрами за всією шириною стрічки (а) та за внутрішнім діаметром (б).

Процес формування звичайних спіралей цинків оцінюють двома основними показниками – коефіцієнтом нерівномірності витягування ψ і

відносною товщиною заготовки $k_{відн} = H/B$. Коефіцієнт враховує пластичність матеріалу і його граничні значення, які є зв'язані з відносним видовженням δ .

як при формуванні спіралі, так і при формуванні гофр при стандартному випробуванні металів на розтяг і визначається приблизною залежністю [3]:

$$\nu = (1 + 2\delta)^2. \quad (3.7)$$

Відносна товщина заготовки враховує стійкість процесу навивання і приблизно рівна [4] $h_{від} = 0,2 \dots 0,3$, що обмежує технологічні можливості пристроїв для їх навивання.

Дослідження процесу змішування показує, що до переваг гофрованих шнеків відноситься:

- додаткові переміщення сипких матеріалів в змішувальній зоні за рахунок гофр;
- змішування сипких матеріалів за рахунок неоднакової швидкості частинок, які контактують із поверхнею різних параметрів гофр і кроку спіралі;
- можливість збільшення відносної товщини спіралі в межах 15...25;
- зменшення зусилля гофроутворення, в порівнянні з щільним навиванням на 15...30%;
- збільшення товщини спіралі за зовнішнім діаметром, що забезпечує підвищення надійності і довговічності стрічкових змішувачів.

На основі приведеної методики проектування гофрованих гвинтових робочих органів змішувачів сипких матеріалів спроектовано технологічне оснащення для формоутворення спіралей шнеків шляхом навивання на оправу.

Виходячи з процесу формоутворення гофрованих спіралей навиванням, амплітуда коливання може змінюватися за лінійним законом [5]:

$$A(\rho) = a_0 + k\rho. \quad (3.8)$$

Якщо гофри за внутрішнім діаметром відсутні $A(\rho) = 0$, то залежність (3.8) запишеться у вигляді:

$$A(\rho) = \frac{A_{max}(\rho - r)}{R - r}, \quad (3.9)$$

де: r – внутрішній радіус витка,

A_{max} – максимальна амплітуда гофрів за зовнішнім краєм.

У випадках, коли необхідно забезпечити достатню міцність спіралі шнека, гофри утворюють на основі стрічки. Тоді амплітуда $A(\rho)$ може бути апроксимована залежністю:

$$A(\rho) = a_0 + k/\rho. \quad (3.10)$$

Якщо по зовнішньому краї спіралі $A(\rho)=0$, то залежність (2.9) прийме вигляд:

$$A(\rho) = A_{\max} \left(\frac{r(R-\rho)}{\rho(R-r)} \right). \quad (3.11)$$

Формоутворення гофрів на спіралі дає змогу одержувати їх без додаткових операцій. Розроблені технологічні процеси прокатування гофрованих спіралей і установка для їх реалізації.

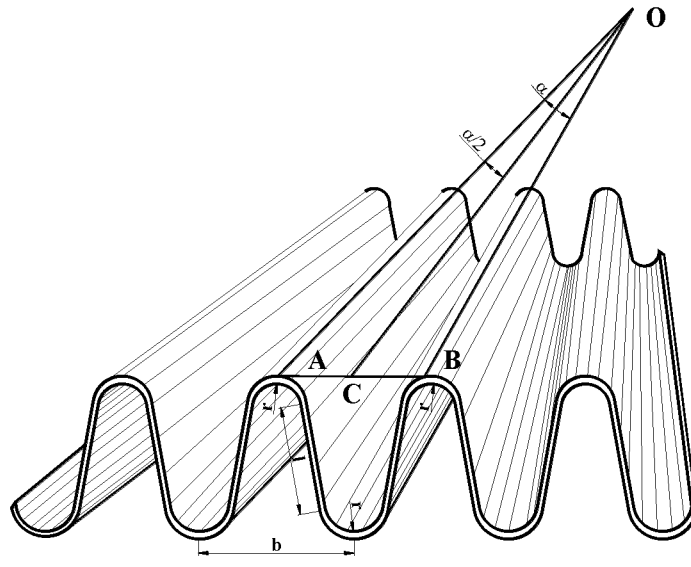


Рис. 3.9. Розрахункова схема для визначення параметрів ГГС.

Вплив гофрів на інтенсифікацію змішування пояснюється тим, що при переміщенні по гвинту частинкам надається додатковий рух в перпендикулярному напрямку до осі системи координат гвинта.

Нахил гофрів в системі координат гвинта:

$$\operatorname{tg}(\Delta\alpha) = \frac{db}{dt} = A \frac{m}{\sqrt{n^2 + c^2}} \cos \frac{tm}{\sqrt{n^2 + c^2}}. \quad (3.12)$$

При розрахунку конструктивних параметрів гофрованих гвинтових спіралей (ГГС) відомі такі параметри, ширина полоси B і товщина H . Профіль гофр визначаємо виходячи з технологічних властивостей матеріалу, технологічних обмежень при формоутворенні.

З розрахункової схеми (рис. 2.6) визначимо торцеву довжину однієї гофри:

$$l_{\text{гофр}} = 2\pi r + 2l \quad (3.13)$$



Рис. 3.16. Шнек з гофрованою гвинтовою спіраллю зі змінною амплітудою гофрів у радіальному напрямку

Радіус r вибираємо з технологічних міркувань і його величину доцільно вибрати в залежності від товщини заготовки h .

Сумарна довжина гофр по зовнішньому діаметру одного витка спіралі буде рівна:

$$l_g = n l_{\text{гофр}} \quad (3.14)$$

Тоді величину зовнішнього радіуса ГГС можна визначити із залежності:

$$R_3 = \frac{L - n l_{\text{гофр}}}{2\pi} \quad (3.15)$$

З формули (2.15) видно, що на величину зовнішнього радіуса ГТС впливає величина кожної з гофр і їх кількість. Величину останньої визначає величина кута α

3.4. Техніко – економічне обґрунтування вибору заготовки

При виборі заготовки враховують: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, розміри і масу, точність деталі і програму випуску.

Для виготовлення деталей необхідно із декількох варіантів одержання заготовки вибрати оптимальний. При цьому ми враховуємо як вартість заготовки, так і вартість механічної обробки. Всі дані зводимо у таблиці 2.2.

а) Деталь – виток шнекової гвинтової поверхні.

Таблиця 3.2. Порівняння методів одержання заготовки витка шнекової гвинтової поверхні

Назва показника	1 варіант (прокатування спіралі)	2 варіант (навивання спіралі)
Вид заготовки	Полоса 25x3 Матеріал – 08 кп	Полоса 25x3 Матеріал – 08 кп
Вартість заготовки, грн	1,4	1,4
Маса заготовки, кг	0,3	0,3
Вартість операції обробки, що відрізняються, грн:		
1. Прокатування	2,8	
2. Навивання		1,2
3. Калібрування		0,7
Технологічна собівартість, грн	4,5	3,6

Вибираємо другий варіант виготовлення заготовки витка шнекової гвинтової поверхні – методом навивання стручки на оправу з безперервним її узгодженням з наступним її розтягуванням.

б) Для виготовлення деталі – стержень вибираємо сортовий прокат – пруток із сталі 10 кп, виготовлений методом гарячого вальцювання.

в) Деталь – ступиця.

3.5. Вибір технологічних баз

Вихідними даними для вибору баз є: робоче креслення деталі, технічні умови на її виготовлення, вид заготовки та якість її поверхонь, бажаний ступінь автоматизації.

Рекомендаціями до вибору баз є наступні:

- базові поверхні повинні бути простими за формою та мати достатню протяжність;
- чорнові базові поверхні повинні бути найбільш відповідальними;
- базами для першої операції обирають ті поверхні, які в готовій деталі повинні залишатись необробленими;
- необхідно дотримуватись принципу суміщення технологічних, конструкторських та вимірювальних баз, а також принципу сталості баз;
- бази повинні забезпечувати можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь.

Виходячи із вище сказаного, вибираємо технологічні бази для деталей та вузла.

а) Виток шнекової гвинтової поверхні. Під час навивання і калібрування технологічною базою є оправка, до якій базується полота при навиванні (внутрішній діаметр витків). При відрізанні технологічною базою є зовнішній діаметр витків.

б) Стержень. При виготовленні деталі стержень технологічною базою є зовнішня циліндрична поверхня прутка.

3.6. Вибір варіанту технологічного маршруту

Вибір варіанту технологічного процесу для заданих деталей здійснюється на основі співставлення можливих варіантів за собівартістю, трудомісткістю обробки і коефіцієнтом використання матеріалу.

Маршрути обробки деталей і вузла оформляємо у вигляді таблиці . 3.3 - 3.5.

Таблиця 3.3. Маршрут механічної обробки витка шнекової гвинтової

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва верста-ту	Схема базування
005	Навивання	Гвинтова поверхня	Внутрішній діаметр витків поверхні	16K20	На оправі
010	Профільовальна	Обробка по зовнішньому діаметру	Внутрішній поверхні витків	16K20	На оправі
015	Калібрувальна	Бічні поверхні витків	Зовнішні поверхні витків	16K20	На оправі
020	Відрізна	Переріз витка	Зовнішні поверхні витків	8631	На оправі

Таблиця 3.4. Маршрут механічної обробки стержня

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
------------	----------------	----------------------	-----------------	------------------	-----------------

ції 005	Відрізна	Торцева поверхня	Зовнішня циліндрична поверхня	Абразивно відрізний	Затискний пристрій
------------	----------	---------------------	-------------------------------------	------------------------	-----------------------

Таблиця 3.5. Маршрут механічної обробки секції гвинтового робочого органу

№ операції	Назва операції	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Назва обладнання	Схема базування
005	Зварювальна	З'єднання ступиць і стержнів згідно креслення	Внутрішні і торцеві поверхні ступиць	Пристосування А – 547 У	В пристосуванні
010	Зварювальна	З'єднання секції і витка шнека	Внутрішні і торцеві поверхні ступиць	Пристосування А – 547 У	В пристосуванні
015	Токарна	Зовнішній діаметр витка шнека	Внутрішні і торцеві поверхні ступиць	16А20Ф3	В пристосуванні
020	Слюсарна	Зовнішній діаметр витка шнека			
025	Цинкування				

3.7. Вибір різального та допоміжного інструменту, методів і засобів

технічного контролю

Для виконання операцій виготовлення деталей вибираємо різальний і вимірювальний інструмент. Для виконання операцій виготовлення гвинтового робочого органу вибираємо інструмент і зводимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6. Вибір інструменту для виготовлення робочого органу

№ операції	Назва операції	Інструмент	Вимірний
005	Зварювальна	Різальний і допоміжний Кондуктор Щиток ННУ – С – 605 – УО Дріт зварний Ø1,2 СВ-08 Г2С Плоскогубці 2814 – 0253 Зубило 2810 – 0223 Молоток 7850 – 0103	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 125 – 0,1 ГОСТ 166 – 86
015	Зварювальна	Кондуктор Дріт зварний Ø1,2 СВ-08 Г2С Щиток ННУ – С – 605 – УО Плоскогубці 2814 – 0253 Зубило 2810 – 0223 Молоток 7850 – 0103	Штангенциркуль ШЦ – 1 – 125 – 0,1 ГОСТ 166 – 86
025	Токарна з ЧПК	Центр повільковий Центр обертовий Різець 2102 – 0055	Шаблон на профіль (R320)

3.8. Висновки

1. Проведено класифікацію гвинтових профільних заготовок за конструктивними і технологічними ознаками.
2. Встановлені залежності для визначення розмірів та приведені технологічні основи формоутворення гофрованих гвинтових заготовок.
3. Зроблено технологічне забезпечення виготовлення заготовок ободів коліс.
4. Розроблено технологічний процес для виготовлення гвинтового робочого органу, робоча поверхня якого є полоса, тобто деталь типу тіла обертання з профільних стрічкових заготовок

РОЗДІЛ 4.

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1. Проектування технологічного оснащення для виготовлення Г і

II-подібних ободів типу “тіл обертання”

Гвинтові та кільцеві заготовки різного профілю набувають все ширшого використання у сучасному машинобудуванні. Впровадження нових раціональних технологічних процесів для формоутворення різних прокатних профілів забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- і енергомісткості виробів, розширює номенклатуру машин та механізмів, до складу яких вони входять, а також їх функціональні можливості.

З цією метою розроблено конструкції технологічного спорядження, застосування яких дозволило здійснити та реалізувати запропоновані схеми формоутворення заготовок типу “тіл обертання”.

Пристрій для навивання II-подібних ободів (рис. 4.1) складається з привідного валу 1, на якому змонтовано пристрій у вигляді лівого 2 і правого 3 знімних дисків на шліцах з можливістю осьового переміщення. В цих дисках рівномірно по колу виконано наскрізні отвори 4, протилежно один одному, в які встановлюються своїми виступами 5 кругові II-подібні сектори 6, наприклад у кількості трьох, з круговими розмірами $100-110^\circ$. Зовнішній діаметр II-подібних секторів ободу дорівнює діаметру ободу з врахуванням відпружинення. Посередині довжини сектору 6 виконано різьбові отвори для закріплення кінця заготовки 7 болтом 8. Правий знімний диск виконано з отвором 9 і виступом 10 для забезпечення відповідних умов роботи пристрою та забезпечення ширини B , змінними дисками 2 і 3. Вони стискаються за допомогою скоби 12 і гайки 13, яка нагвинчується на різь привідного валу.

Центральний отвір правого знімного диску 3 більший, ніж параметри головки гайки 13, що забезпечує його вільне знімання. Пристрій для навивання півобода Г-подібного профілю з внутрішнім вертикальним ребром транспортно-

технологічних систем (рис. 4.2.) складається з формувального валу 1, який обертається в консольно підшипниковій опорі.

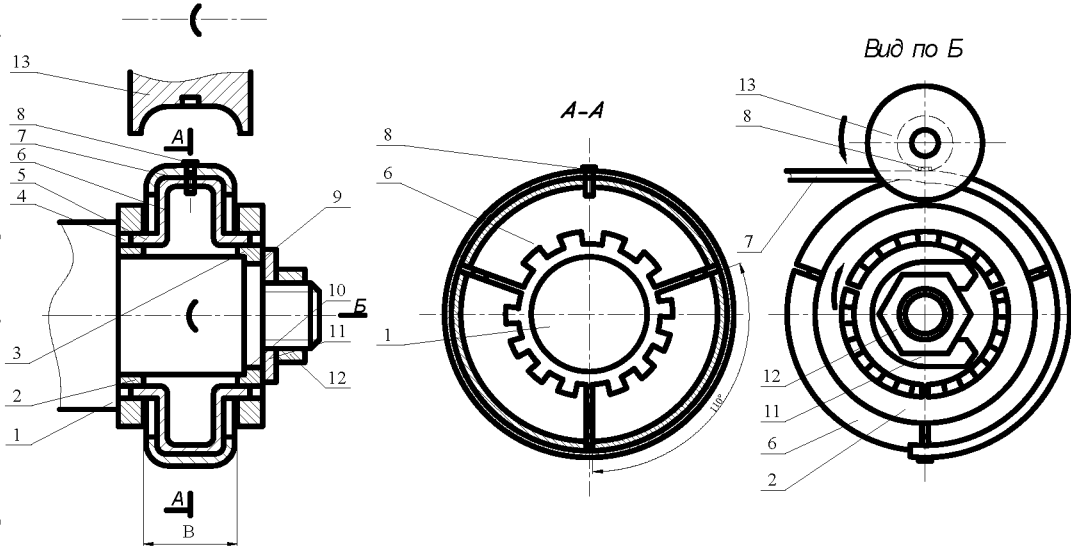


Рис.4.1. Схема пристрою для виготовлення Т-подібних ободів

У верхній частині формувального валу виконано різцевий отвір для закріплення кінця Т-подібної заготовки. Формувальний вал виконано збірним, ліва частина якого має східчасту циліндричну поверхню, в якій ширина нижньої ступені більша ширини ободу, а висота лівого торця більша товщини заготовки ободу.

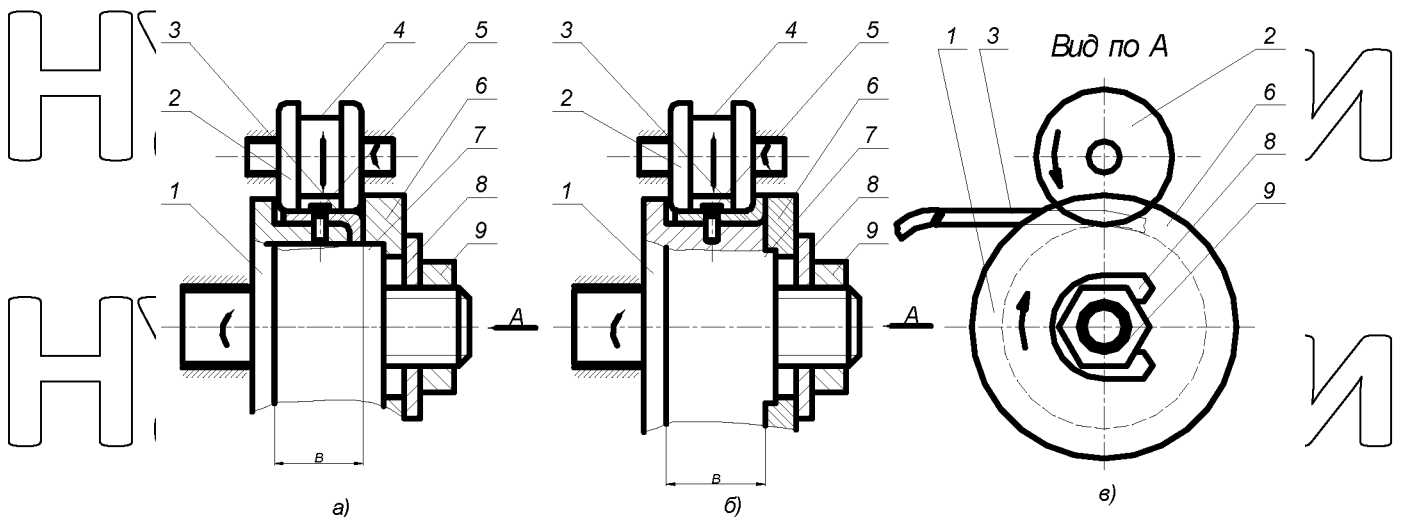


Рис. 4.2. Схема пристрою для реалізації і навівання півободів:

а) схема навівання півободів з внутрішньою вертикальною полицкою;

б) схема навівання півободів з зовнішньою вертикальною полицкою;

в) схема початку навівання пів ободів

Крім цього, посередині ширини зовнішньої циліндричної частини формувального валу виконано отвір для закручування болта, за допомогою якого заготовка кріпиться до формувального валу 1.

Параметри привідного та формувального валів визначаються параметрами обода його міцністю. Діаметр формувального валу дорівнює діаметру обода за мінусом величини відпружинення. Правий змінний диск має аналогічні параметри з лівим торцем формувального валу.

При цьому радіус нейтрального шару деформації, дорівнює довжині заготовки

$$\rho_0 = \sqrt{Rr}, \quad (4.1)$$

де r і R – радіуси внутрішньої і зовнішньої ребер спіралі.

Товщину стрічки залежно від заданого радіусу кривини визначають за наближеною залежністю:

$$h_p = H_0 \sqrt{\rho_0 / \rho}, \quad (4.2)$$

де H_0 – товщина заготовки.

Для згинання силою з невеликим плечем прикладення точніше значення ρ_0 можна знайти за формулою:

$$\rho_0 = \rho_{np} - (\rho_{np} - \sqrt{Rr}) \cdot \sqrt{1 + (R^2 + 2\sqrt{Rr} - 3Rr) / 3(\rho_{np} - \sqrt{Rr})^2}, \quad (4.3)$$

де ρ_{np} – радіус прикладення поздовжньої сили N , яка визначається сумуванням напружень в перерізі.

Радіус ρ_{np} , зв'язаний з плечем прикладання l згинальної сили визначається:

$$\rho_{np} = (l + (\mu_p + tg\gamma_p)R + \mu_0 r) / (\mu_p + \mu_0 + tg\gamma_p). \quad (4.4)$$

де μ_p - коефіцієнт тертя по згинальному ролику,

μ_0 - коефіцієнт тертя,

γ_p - кут нахилу.

В загальному випадку момент чистого згину стрічки (для $l \rightarrow \infty$)

дорівнює:

$$M_{\text{зг}} = \beta_0 H_0^3 \sqrt{r/R} (\sigma_{\text{д.т.}} + \ln \sqrt{R/r}) (R^2 + 2r\sqrt{Rr} - 3rR) / 3, \quad (4.5)$$

Відповідно момент навивання можна представити у вигляді:

$$M_H = k_M k_L M_{\text{зг}} \quad (4.6)$$

де k_M - коефіцієнт, який залежить від конструктивного виконання пристрою,

$k_M = 1,05-1,2$;

k_L - коефіцієнт, який враховує значення плеча прикладення згинаючого зусилля:

$$k_L = (l + \mu_p R) / [(l + \mu_p R - \mu_0 r)(1 - \sqrt{Rr})]. \quad (4.7)$$

Для навивання гвинтових заготовок пристроєм з перпендикулярною схемою розміщення обтискного ролика k_L приймають в межах $1,5 \leq k_L \leq 2,5$.

4.2. Проектування технологічного оснащення для навивання профільних гвинтових заготовок під кутом

Технологічний процес навивання гвинтових заготовок під кутом потребує спеціального оснащення, яке було запропоновано для виготовлення високоякісних конкурентоздатних профільних деталей машин та механізмів.

Пристрій (рис. 4.3) для навивання профільних гвинтових заготовок виготовлено у вигляді ступінчастої оправи 1 з торцевим виступом 2 під кутом α , в якому виготовлено осьовий паз 3 для затиску переднього кінця стрічкової заготовки 4. За допомогою стопорного кільця 5 з зовнішнім торцем стрічкової заготовки 4 контактує формувальний ролик 6, виготовлений у вигляді пустотілого кільця, яке встановлено під кутом β до осі оправи. На краях формувального ролика 6 виконана кільцева виїмка 7 глибиною, меншою ширини стрічкової заготовки 4 під кутом нахилу α у вертикальній площині, який дорівнює куту нахилу витка заготовки згідно креслення заготовки. Формувальний ролик 6 основою жорстко закріплено до циліндричного диска 8, який встановлено на осі 9 з можливістю кругового обертання. Вісь 9 жорстко кріпиться до оправи 10, яку жорстко закріплено до супорту 11 гюкарного верстату.

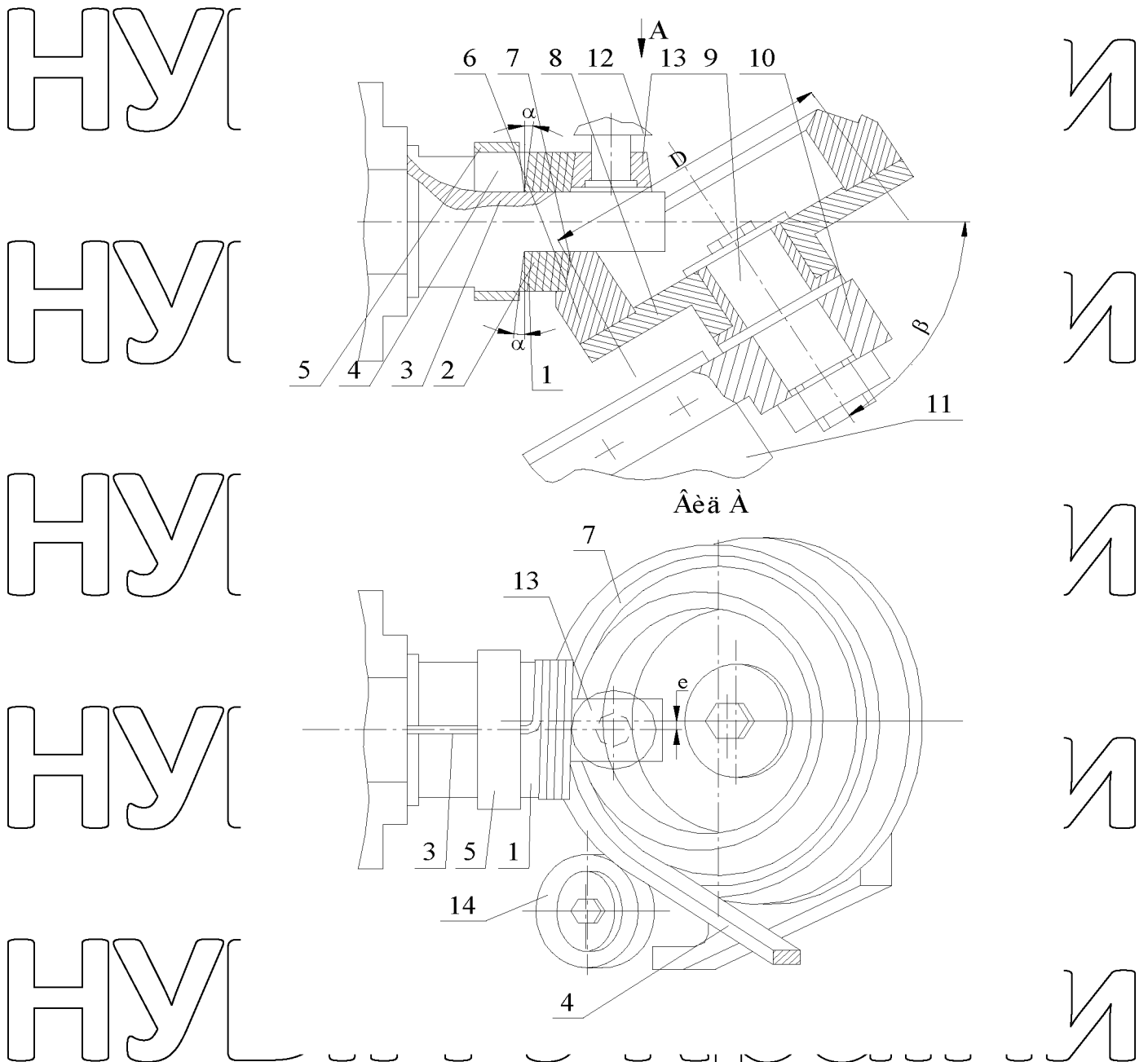


Рис. 4.3. Пристрій для навивання профільних гвинтових заготовок під кутом

Зверху над ступінчастою оправою 1 встановлено вертикальну оправу 12 з притискним роликком 13 з можливістю кругового обертання, а її твірна виконана під кутом α , що дорівнює куту нахилу стрічкової заготовки 4 і контактує з нею. Причому вісь обертання ступінчастої оправи зміщена відносно осі обертання формувального ролика на величину ексцентриситету з осями, розміщеними в горизонтальній площині.

Величину ексцентриситету ε визначають за залежністю

$$\varepsilon = k(D_p/2) \sin[(\gamma_n + \gamma_e)/2] / \cos[(\gamma_e - \gamma_n)/2] + \delta, \quad (4.8)$$

де k - коефіцієнт, який залежить від кута нахилу формувального ролика,
 $k \in 1,05-1,2$;

D_p - діаметр ролика;

γ_n, γ_e - кути підйому витків спіралі відносно по внутрішніх і зовнішніх ребрах;

δ - величина, що враховує зміну товщини по внутрішній і зовнішній ребрах.

До переваг пристрою відноситься розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності праці в процесі виготовлення профільних гвинтових заготовок.

4.3. Проектування технологічного оснащення для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок

В основу закладено розширення технологічних можливостей пристроїв, за допомогою яких можна виготовляти профільні гвинтові елементи з необхідним кроком. Пристрій для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок зображено на (рис. 3.4) який виконано у вигляді оправи з торцевим виступом, приводів обертання оправи і супорту, механізмів затиску кінця заготовки, задньої пінолі супорту, направляючого та формувального роликів гвинтового елементу з приводом його переміщення, який встановлено в П-подібну скобу з можливістю переміщення паралельно осі оправи, причому механізм затиску кінця заготовки виконано у вигляді напрямної кільцевої канавки профілю заготовки, а у внутрішньому отворі П-подібної скоби рівномірно по колу радіально встановлено на осях три конічні ролики, які зміщені один відносно іншого по колу під кутом 90° з можливістю обертання навколо осей в процесі піднімання гвинтового елементу. До супорту верстату жорстко закріплено стійку з формувальним роликом, який має профіль, аналогічний профілю заготовки з товщиною, меншою кроку гвинтового елементу і висотою, меншою висоти полицки під кутом, який дорівнює куту піднімання лінії гвинтового елементу.

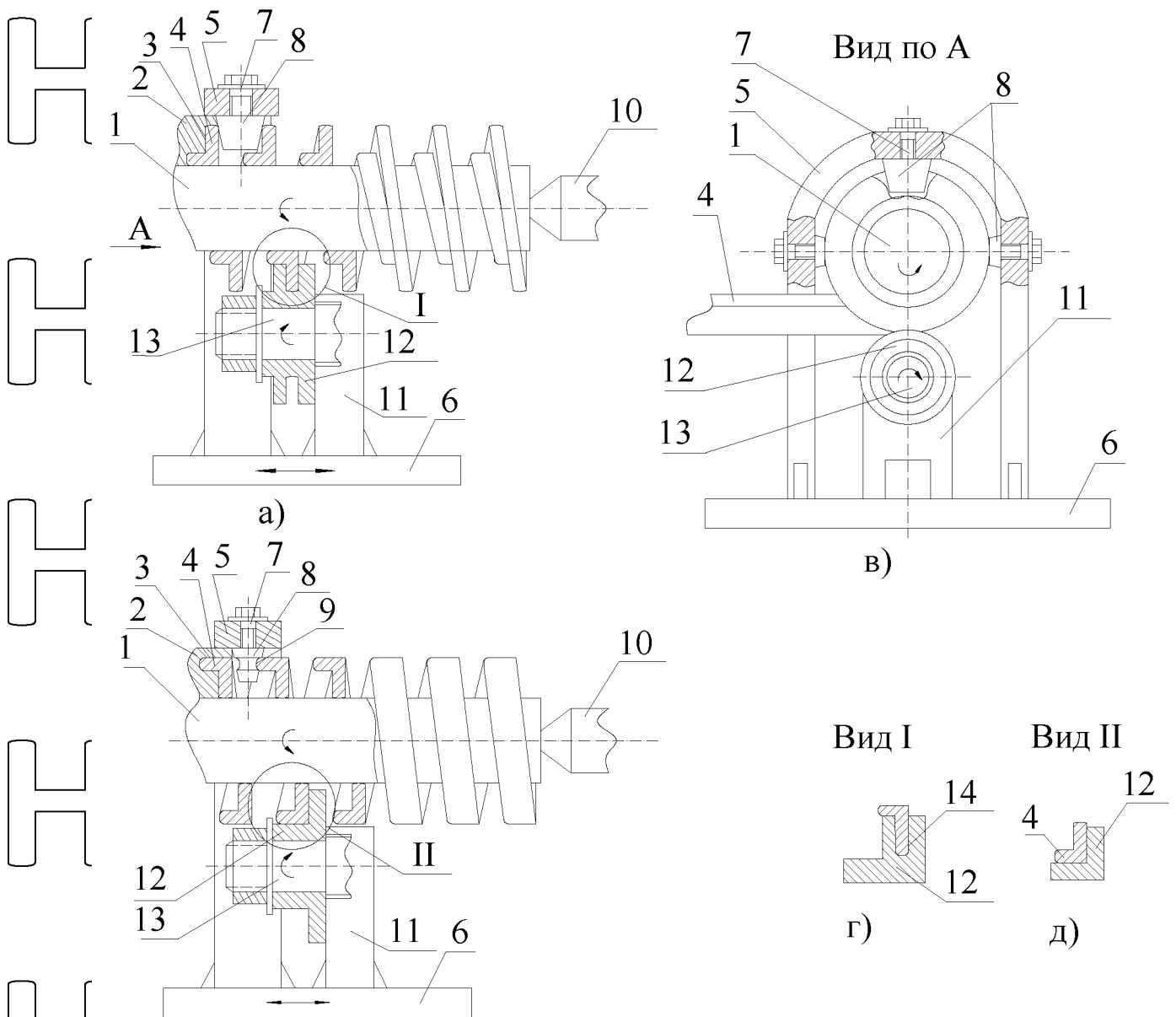


Рис. 4.4. Пристрій для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок зі змінними кінцевими роликами

Величина крутного моменту під час профілювання гвинтових заготовок на заданий крок визначається за формулою:

$$M_{\text{дв}} = k_{\text{дв}} k_i [l + (\mu_p + 1g) p] R, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{дв}} = 1,2-1,4$ - коефіцієнт профілювання гвинтових заготовок за діаметром і кроком;

k_i - коефіцієнт, що враховує конструкцію оправи;

R - сила згину кутника;

R - зовнішній діаметр витка;

l - плече прикладання P ;

μ_p - коефіцієнт тертя в зоні прикладання поперечної сили;

γ_p - кут, який враховує значення горизонтальної складової сили згину P .

Використання технологічних процесів одержання гвинтових заготовок із заданим кроком зменшує час їх виготовлення та дозволяє одержати заготовки високої точності за зовнішніми та внутрішніми діаметрами і кроком.

Пристрій забезпечує надійний контакт кутника з оправою, це дозволяє повністю використовувати заготовку і уникнути відходів, що забезпечує економію матеріалу.

До переваг запропонованого пристрою відноситься також розширення технологічних можливостей, а саме навивання Γ - подібних гвинтових профільних елементів різних типорозмірів з заданим кроком.

4.4. Проектування інструментів для виготовлення гвинтових заготовок деталей машин

Для визначення конструктивних параметрів інструментів, які забезпечують навивання гвинтових заготовок прямокутної і конічної форм на оправу, розглянемо умови згину стрічки обтискним роликом. Внаслідок змінання кутника за зовнішнім краєм від дії обтискного ролика ширина кутника B_1 зменшується порівняно з шириною заготовки на $\Delta B = B - B_1$. З

урахуванням ділянки змінання значення плеча l прикладання сили P

$$l \approx l_0 + \frac{l_k}{2}, \quad (4.10)$$

де l_0 - плече прикладання сили P за відсутності ділянки змінання;

l_k - довжина зони пластичного контакту стрічки з роликом,

$$l_0 = \sqrt{A^2 - \left(\frac{D_p + d_o}{2} + B_1 \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{D_p + d_o + 2B_1}{2} \right) (H_k + B_1)}; \quad (4.11)$$

$$l_k = \sqrt{(D_p - \Delta B) \Delta B}, \quad (4.12)$$

де D_p – діаметр обтискного ролика;

A – міжосьова відстань між оправою і обтискним роликом;

H_k – висота калібру між поверхнями оправи і згинного ролика.

Висота калібру ролика $H_k = 0,5(D - d) - 0,5 \dots 1$ мм, а діаметр його притискної поверхні $D_p > 30H_0$. Зі збільшенням D_p до $(50 \dots 70)H_0$ стійкість процесу навивання дещо покращується. Зменшення плеча l забезпечується передусім зменшенням міжосьової відстані A . Для граничного випадку, коли

$H_k = B$, після відповідних перетворень з урахуванням $\Delta B \ll D$, маємо:

$$l = \sqrt{\Delta B D_p} \left[0,5 + \sqrt{1 + (d_o + 2B)/D_p} \right]; \quad (4.13)$$

На рис. 3.5. зображено конструкції формувальних роликів, які

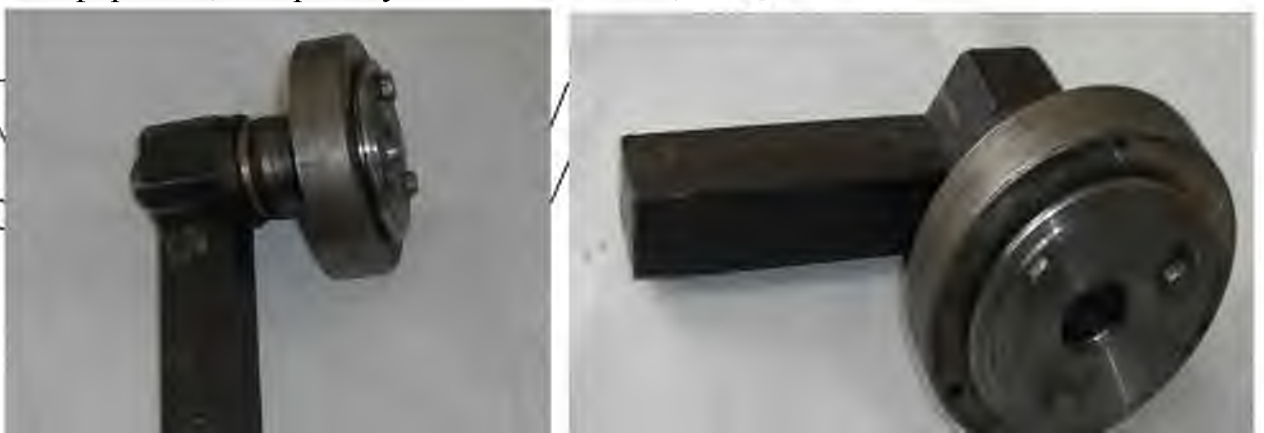
застосовувались для навивання гвинтових заготовок прямокутної та конічної форм на оправу.

Отримано усадку ΔB і довжину плеча l залежно від діаметру формувального ролика

$$\Delta B = k_\sigma B^2 / \left\{ 4D_p \left[0,5 + \sqrt{1 + (d_o + 2B)/D_p} \right] \right\}; \quad (4.14)$$

$$l = B/2 \sqrt{k_\sigma \left[0,5 + \sqrt{1 + (d_o + 2B)/D_p} \right]}$$

де $k_\sigma = \sigma_s / \sigma_{\text{теч}}$ – коефіцієнт, що враховує зміни напруження текучості за різних схем деформації, в першому наближенні $k_\sigma = 0,5 \dots 0,9$.



НУБІП УКРАЇНИ

Рис. 4.5. Конструкції формувальних роликів

НУБІП УКРАЇНИ

Отримані рівняння свідчать, що зі збільшенням діаметру D_p плече l прикладання сили P і, особливо, змінання ΔB зменшується. Крім того, місце затиску заготовки в осьовому напрямку наближається до зони пластичного згину, що особливо важливо для попередження гофроутворення за внутрішнім краєм заготовки. Таким чином, зростання зведеної висоти перерізу навитих спіралей пов'язано зі значним збільшенням діаметру обтискного ролика, що практично неможливо здійснити конструктивно.

НУБІП УКРАЇНИ

Розглянемо умови осьового затиску заготовки за вказаною схемою навивання. Затиск кутника за внутрішньою та зовнішньою полицками, де кути піднімання витка кутника відповідно за внутрішньою γ_e і зовнішньою γ_z полицками визначають за залежностями:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\operatorname{tg} \gamma_e = \frac{s}{2\pi r} = H_0 \frac{\sqrt[4]{R/r}}{2\pi r}, \quad \operatorname{tg} \gamma_z = H_0 \frac{\sqrt[4]{R/r}}{2\pi R}. \quad (4.15)$$

НУБІП УКРАЇНИ

Якщо осі оправи й обтискного ролика знаходяться в одній площині, то затискання за внутрішнім ребром і зміщення зони затискання відносно зони згинання за вказаним краєм взаємопов'язані:

НУБІП УКРАЇНИ

$$\Delta l_e = D_e H_0 \frac{\sqrt[4]{R/r}}{4\pi r} \quad (4.16)$$

Аналіз залежності (3.16) свідчить, що під час навивання товстих кутників на оправи малих діаметрів Δl_e набуває великого значення зона торцевого затиску за внутрішнім ребром, яка не перекриває зони пластичного деформування. Нехай за внутрішнім ребром зона пластичного деформування

НУБІП УКРАЇНИ

поширюється на довжину $\Delta l'_e$. Тоді зміщення зони затиску не повинно перевищувати

$$\Delta l'_e = k_{\Delta} \Delta l'_e, \quad (4.17)$$

де k_{Δ} – коефіцієнт, що враховує відносне розміщення ділянки притискування $k_{\Delta}=0.6-8$.

Зменшення $\Delta l'_e$ досягається зміщенням осі обтискного ролика відносно осі оправу на величину ε і зменшенням діаметру ролика D_p . Внаслідок зміщення осі обтискного ролика вихідне зміщення місця протискування визначається:

$$\Delta l'_e = \Delta l'_e - \varepsilon \cos \gamma_B. \quad (4.18)$$

Граничне зміщення ε з умови запобігання розриву притискування за внутрішнім краєм внаслідок результату контакту ролика з зовнішнім ребром

$$\varepsilon = (D_p / 2) \sin[(\gamma_B + \gamma_H) / 2] \cos[(\gamma_B - \gamma_H) / 2] + \delta, \quad (4.19)$$

де δ – величина, що бере до уваги зміну товщини:

$$\delta = H_0 \left[\cos \gamma_B \cos \gamma_H / \sin(\gamma_B - \gamma_H) \right] \left(\sqrt{R/r} - \sqrt{R/R} \right). \quad (4.20)$$

Граничне значення діаметру обтискного ролика з умови оптимального розміщення пластичної деформації визначається співвідношенням:

$$D_p \leq 8\tau [Rr k_{\Delta} \Delta l'_e / (BH_0)] \sqrt{R/r}, \quad (4.21)$$

а мінімальне вибирають з умови мінімуму залишкових напружень від охоплення ролика кутника, і воно повинно становити $D_p = (20-30)H_0$.

Решту геометричних розмірів інструментів знаходять, проводячи силові розрахунки, або приймають конструктивно.

Таким чином, розроблено та узагальнено рекомендації, технічні та технологічні вимоги, які висуваються до устаткування та спорядження:

- універсальність конструкції устаткування, яка повинна забезпечувати швидке переналагодження з одного типорозміру заготовок на інший;

- для усунення гофроутворення осьова подача механізму притискування (притискового ролика) повинна дорівнювати товщині кутника за внутрішнім діаметром;

- для покращення умов навівання кутника та зменшення деформації за зовнішнім діаметром, обтискування заготовки необхідно здійснювати циліндричною поверхнею ступінчастого ролика, вісь обертання якого розміщена перпендикулярно осі оправи зі зміщенням на величину ϵ ;

- притискний ролик повинен бути плоским з гвинтовою площиною та напрямом витків, протилежним напрямку гвинтової поверхні кутника;

- роботу поверхонь, що піддаються тертю, здійснювати в режимі кочення;

- необхідно, щоб плече прикладання сили згинання було менше радіусу оправи;

- забезпечити змащування кутника й охолодження інструментів у процесі формоутворення.

4.5. Технологічне спорядження для навівання гвинтових гофрованих заготовок з заданим профілем

Пристрій для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок (пат. № 65124) зображено на рис. 2.2. Його виконано у вигляді ступінчастої оправи 1 із торцевим виступом 2, який виконано з кроком рівним товщині заготовки 3 з гофрами. Ступінчата оправа має осьовий паз 4 для закріплення кінця заготовки і привід обертання від шпинделя верстату. Притискування заготовки 3 до торцевого виступу 2 ступінчастої оправи 1 зверху здійснюється притискним роликом 5 з гофрованими поверхнями 6. Притискний ролик центральним отвором встановлений на вісь 7, яка паралельна осі ступінчастої оправи 1, з

можливістю вільного обертання. З правої сторони ступінчата оправа 1 переходить в менший діаметр 8 на який навивається гвинтова гофрована заготовка 3, а вільний кінець ступінчатої оправи підтискується піноллію задньої бабки 9. Знизу під меншим діаметром 8 розміщений формуючий ролик 10, який

виконано ступінчатим, верхня його ступиця виконана з гофрами по всій висоті, які є аналогічними з гофрами притискного ролика 5. Формуючий ролик 10 з можливістю вільного обертання встановлено на осі яка перпендикулярна до осі ступінчатої оправи 1 і лежить з нею в одній вертикальній площині, він

торцевою поверхнею 11 більшої ступиці є в контакті з ребром заготовки і

притискує її до торцевого виступу 2 ступінчатої оправи 1 знизу. Горизонтальне притискування заготовки 3 до ступінчатої оправи 1 здійснюється торцевою гофрованою поверхнею меншої ступиці формуючого ролика 10. Останній

встановлено на підшипниковій втулці 12, яка вільно обертається на осі 13

закріпленій в кронштейні 14, який встановлений на супорті верстата 15 з

можливістю переміщення паралельно осі ступінчатої оправи з подачею на оберт рівною товщині заготовки з гофрами. Для підвищення жорсткості пристрою формуючий ролик 10 спирається на кронштейн 14 через прокладку

16 і підшипник 17. Він закритий кожухом 18 для захисту механізму від

забруднення.

Технологічний процес навивання гофрованих гвинтових заготовок здійснюється наступним чином.

Формуючий ролик 10 і притискний ролик 5 відводяться з зони формоутворення. Кінець заготовки 3 згинається під кутом 90° і вводиться в паз

4 де фіксується відомими способами. Після чого формуючий ролик 10 підтискує заготовку 3 до торцевого виступу 2 і меншого діаметра 8 і здійснюється навивання одного витка. Після цього притискний ролик 5

підводять до заготовки 3, включають верстат і здійснюють процес навивання гофрованих заготовок.

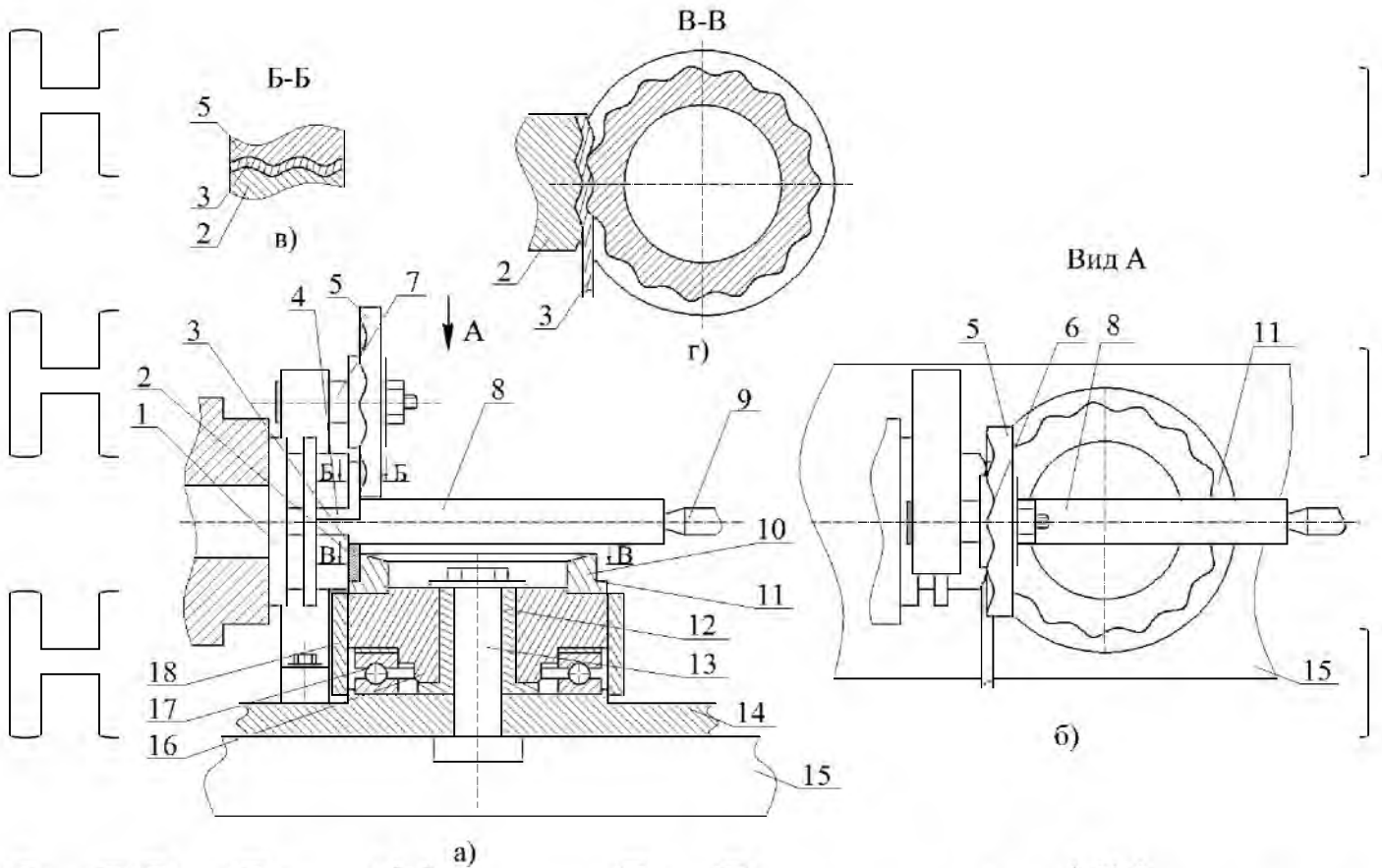


Рис. 4.6 – Пристрій для виготовлення гвинтових гофрованих заготовок:
а) загальний вигляд; б) вид А; в) січення по Б-Б; г) січення по В-В

Після завершення навивання гофрованої гвинтової заготовки 3 верстат зупиняють. Відводять піноль задньої бабки 9 вправо, а притисний 5 і формуючий 10 ролики теж відводять з зони формоутворення, відпускають кінець заготовки і знімають її з оправки.

Навивання наступної заготовки здійснюється аналогічно.

До переваг запропонованого пристрою відноситься розширення технологічних можливостей і можливість навивання гофрованих гвинтових заготовок різних типорозмірів.

Пристрій для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок зображено на рис. 2.2. Його виконано у вигляді опори 1, на яку зверху встановлена формувальна основа 2, яка виконана круглої форми, на її верхній торцевій поверхні виконане зубчасте конічне зачеплення 3. Останнє взаємодіє з відповідним конічним зачепленням формувального валка 4 через товщину

заготовки 5, яка формується. Вісь формувального валка 4 виконана під кутом α до горизонту рівним величині кута нахилу гофри до площини гвинтової заготовки.

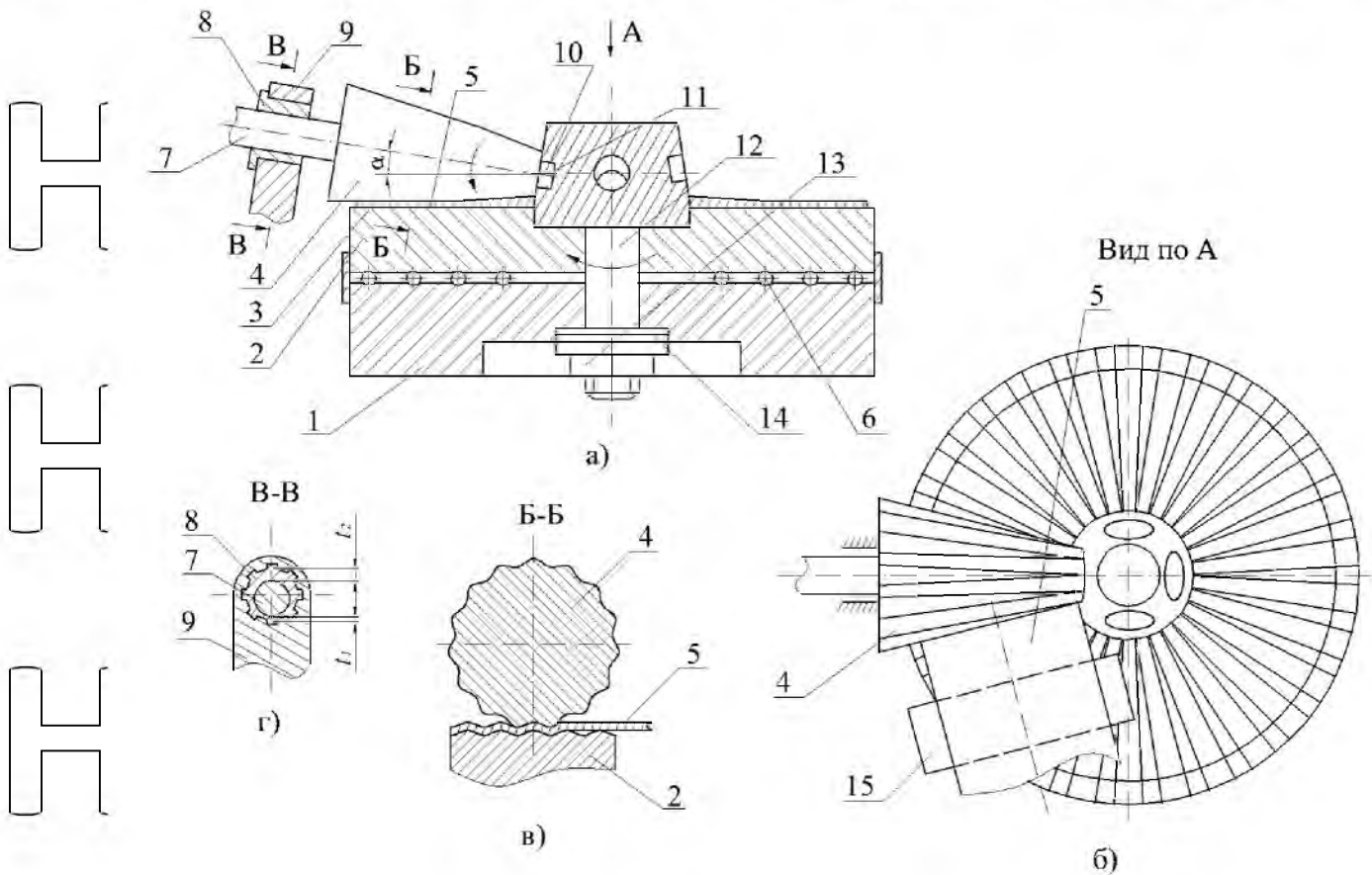


Рис. 4.7 - Пристрій для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок:

а) загальний вигляд; б) вид по А; в) січення по Б-Б; г) січення по В-В

Формувальна основа і формувальний валок мають приводи, які не показані на кресленні і обертаються згідно вказаних стрілок. Крім цього формувальна основа 2 встановлена на опорі 1 з можливістю кругового обертання через тіла кочення 6. Ліва опора 7 формувального валка 4 встановлена в ексцентричну втулку 8 з ексцентриситетом (максимальна різниця товщин втулки в діаметральних напрямках) рівним максимально допустимій різниці товщин заготовок $t_1 < t_2$ з зовнішніми шліцами, яка через шліцеве з'єднання є у взаємодії з кронштейном 9, який жорстко закріплений до опори 1. Права опора 10 формувального валка 4 встановлена в отвір 11 в круглій головці стяжного болта 12, який жорстко встановлений в центральний отвір опори 1. На чотирьох

сторонах головки стяжного болта 12 виконані отвори під праву опору 10 на різній висоті з врахуванням товщини заготовки при формуванні гофр. Стяжний болт 12 в отворі формувальної основи в разі потреби можна фіксувати від можливого повертання відомими способами за допомогою шпоночного або шліцевого з'єднань з затягуванням гайки 13, а висоту головки стяжного болта 12 можна регулювати встановленням шайб 14 необхідної товщини.

Регулювання правильної подачі полеси 5 в зону формоутворення гофрованої гвинтової заготовки здійснюється за допомогою механізму подачі 15 який можна регулювати як для різних параметрів заготовки так і для правильного направлення в зону формоутворення.

Робота пристрою для виготовлення гофрованих гвинтових заготовок здійснюється після настроювання пристрою на роботу з заготовками певної ширини і товщини. Для цього механізм подачі встановлюють з врахуванням цих параметрів, а регулювання величини зазору між формувальним валком і формувальною основою здійснюють встановленням правої опори формувального валка у відповідний отвір з чотирьох можливих.

Після цих підготовчих операцій вмикають привід і формувальна основа 2 і формувальний валок 4 обертаються у відповідному напрямку. Заготовку 5 через механізм подачі 15 подають в зону їх зачеплення. При цьому при формуванні гофр заготовка 5 скручується у гвинтову спіраль з кроком більшим максимального діаметра формувального валка 4. Після завершення навивання партії однотипних гвинтових гофрованих заготовок пристрій зупиняють, і в разі потреби переобладнують його на виготовлення нового типу заготовок.

До переваг пристрою відносять простоту конструкції і високу продуктивність праці.

ВИСНОВКИ

НУБІП України

1. На основі патентного пошуку та аналізу літературних джерел виконано класифікацію гвинтових профільних заготовок за конструктивними і технологічними ознаками.

НУБІП України

2. Розроблено технологічне забезпечення виготовлення заготовок ободів коліс. А вже впровадження нових раціональних технологічних процесів для формоутворення різних прокатних профілів забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження матеріало- і енергомісткості виробів,

НУБІП України

розширює номенклатуру машин та механізмів до складу яких вони входять, а також їх функціональні можливості.

НУБІП України

3. Розроблено технологічний процес для виготовлення гвинтового робочого органу, робоча поверхня якого є полоса, тобто деталь типу тіла обертання з профільних стрічкових заготовок.

НУБІП України

4. У конструкторській частині розроблено технологічні методи виготовлення кільцевих і гвинтових профілів методами періодичного та неперервного навивання, спроектовано устаткування для дослідження впливу зусиль згинання навивних заготовок на технологічність і конструктивні

НУБІП України

параметри процесу формоутворення на верстатах 16K20 і 16K40, що дозволило встановити раціональні режими механічного оброблення гнутих профілів.

НУБІП України

5. Проведено розрахунки на міцність привідного та формувального валів пристрою для виготовлення профільних ободів коліс.

НУБІП України

6. Проведено розрахунки техніко-економічної ефективності проектних рішень. Розрахунки економічної ефективності підтвердили правильність прийнятих проектних рішень і показали, що завдяки впровадженню нового технологічного процесу знизилася собівартість процесу.

НУБІП України

7. Показано технологічні основи формоутворення гофрованих гвинтових заготовок.

НУБІП України

8. Спроектовано технологічне оснащення для виготовлення Г і П-подібних ободів типу "тіл обертання", для навивання профільних гвинтових

заготовок під кутом, для формоутворення профільних гвинтових елементів на крок, для виготовлення гвинтових заготовок деталей машин та для навивання гвинтових гофрованих заготовок з заданим профілем.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аверкиев Ю.А. Характер формоизменения и силовые условия при гибке полосы на ребро // Вестн. Машиностроения. – 1981.- № 1.- С.64-66.

2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. – М.: Машиностроение, 1979–1982. – Т. 1. – 728 с., Т. 2. – 559 с., Т. 3. – 557 с.

3. Брошак І.І., Ляшук О.Л., Дзюра В.О. Особливості технології виготовлення стопорних кілець приводних валів [Текст] // Наукові нотатки. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 2005.-Вип.16.- С.11-15.

4. Григурко, І. О. Технологія машинобудування: дипломне проектування: [Текст] Навчальний посібник для ВНЗ / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко; – Львів. Новий світ, 2011 – 768 с.

5. Давыдов В.И. Производство гнутых тонкостенных профилей [Текст] / В.И. Давыдов, М.П. Максаков – М.: Metallurgizdat, 1959. – 233 с.

6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин. М.: Машиностроение, 1985. – 360 с.

7. Егоров М.Е. Технология машиностроения -М.: Высш.Шк., 1979.-526 с.

8. Жетесова Г.С. Прогрессивные инструменты для обработки отверстий поверхностным пластическим деформированием роликами [Текст] / Г.С. Жетесова, Я.Н. Отений, О.П. Муравьев, Ю.О. Муравьева, В.А. Плешакова. – Л.: Машиностроение, 1984. – 215 с.

9. Кузнецов Ю.Н., Вачев А.А., Сяров С.П., Цървенков А.Й. Самонастраивающиеся зажимные механизмы: справочник. - К.: Техника; София/ Гос. изд-во "Техника", 1988. -222 с.

10. Кушик В.Г. Широкодіапазонні цангові патрони токарних горизонтальних багатопиндєльних автоматів / Вісник Тернопільського державного технічного університету ім. І. Пулюя, Том 4, - Тернопіль, 1999.

11. Линчевский П.А., Фотги С.С., Попов В.И. Расчет износа инструмента на основе динамической модели механической обработки // Изв. вузов Машиностроение. – 1985. - №2. – С. 122-124.

12. Павлице В.Т. Основы конструирования та розрахунок деталей машин. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.

13. Пилипещ М.І. Дослідження процесу навивання ребристих профілів. “Машинознавство”, Львів. - 1998. - №9-10-, С. 36-38.

14. Прогрессивные инструменты для обработки отверстий поверхностным пластическим деформированием роликами / Г.С. Жетесова, Я.Н. Отений, О.П. Муравьев Ю. О. Муравьева // Горно-металлургический комплекс Казахстана: проблемы и перспективы инновационного развития : тр.

Международ. науч.-практ. конф., посв. 20-летию Независимости Казахстана, г.

Караганды, 29-30 нояб. 2011г. Ч. 2 / Министерство образования и науки Республики Казахстан, Карагандинский государственный технический университет. - Караганда, 2011. - С. 179-182.

15. Проскуряков Ю.Г. Чистовая обработка деталей пластическим деформированием [Текст] / Ю. Г. Проскуряков, А. И. Осколков, Б. Г. Шаповалов [и др.]. - Барнаул: Алт. кн. изд-во, 1969. - 105 с.

16. Руденко, П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні [Текст]: Навчальний посібник / П. О. Руденко. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.

17. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И.Абиргер, Б.Ф.Шорр, Г.Б.Иосилевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 702с.

18. Расчет на прочность деталей машин: Справочник / И. Абиргер, Б.Ф.Шорр, Г.Б. Иосилевич. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 702с.

19. Рогатинський Р.М. Дослідження напружено-деформітного стану гвинтових робочих органів. Вісник національного аграрного університету. Т.1.

Сучасні проблеми сільськогосподарського машинобудування. К.,; 1997. - С. 34

– 39.
20. Рогатинський Р.М. Дослідження процесу формоутворення гвинтових кілець з компенсаторами зношування заготовок [Текст] / Р.М.Рогатинський., І.Б.

Гевко, О.Д. Ляшук // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства «Механізація сільськогосподарського в-ва». - Вип. 41. - Харків: ХДТУСГ, 2005. - С.160-165.

21. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. - Л.: Машиностроение, 1979. - 520с.

22. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1977. - 427 с.

23. Суслов А.Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей машин обработкой пластическим деформированием [Текст] / Приложение №8 к журналу «Справочник. Инженерный журнал». №8 - 2003.

24. Теоретическое и экспериментальное исследование очага деформации при гибке на валковых гибочных машинах [Текст] / О. В. Давыдов. - В кн : Совершенствование процессов и оборудования для холодного деформирования. Воронеж, 1978, с. 80 - 96

25. Унксов Е.П. Инженерная теория пластичности. Методы расчета усилия деформирования. - М.: Машгиз, 1959. - 328 с.

26. Церна А.Е. Исследование и основные процессы холодной прокатки лент шнеков. Автореф. дис. канд. техн. наук. - М., 1975.-25с.

27. Шмігель І. Автоматизований пневматичний кондуктор для свердління отворів і нарізки різі у втулках [Текст] / Шмігель І, Ткаченко І. Тези доповіді V Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. «Актуальні задачі сучасних технологій». - Тернопіль, ТНТУ, 2016. - С. 343.