

УДК 621.777. 4

Калюжний В.Л., д.т.н., проф.
Горностаї В.М., к.т.н., старший викладач.

НТУУ «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТРАДИЦІЙНОГО ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ТА ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧЕЮ ЗАГОТОВОК ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ВАЛІВ

Методом скінченних елементів визначені силові режими, напружено-деформований стан заготовки та кінцева форма виробу. Запропонована технологія та спроектовано штампове оснащення для отримання зубчастих коліс холодним видавлюванням з роздачею

Ключеві слова: *холодне видавлювання з роздачею, зубчасте колесо, профіль, напружено-деформований стан, силові режими, технологія виготовлення, штампове оснащення.*

УДК 621.777. 4

Калюжний В.Л., д.т.н., проф.

Горностаї В.Н., к.т.н., старший преподаватель.

НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАДИЦИОННОГО ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ И ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ С РАЗДАЧЕЙ ЗАГОТОВОК ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС И ВАЛОВ

Методом конечных элементов определены силовые режимы, напряженно-деформированное состояние заготовки и конечная форма изделия. Предложена технология и спроектировано штамповую оснастку для получения зубчатых колес холодным выдавливанием с раздачей.

Ключевые слова: *холодное выдавливание с раздачей, зубчатое колесо, профиль, силовые режимы, технология изготовления, штамповая оснастка.*

УДК 621.777.4

Kaljuzhnyj V.L., d.t.n., prof.,

Gornostaj V.M., k.t.n., starshij vkladach.

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

COMPARATIVE ANALYSIS OF TRADITIONAL COLD SQUEEZING OUT AND COLD SQUEEZING OUT WITH DISTRIBUTION OF PURVEYANCES OF COG-WHEEL OF WHEELS AND BILLOWS

Abstract. *The article discusses the possibility of obtaining tooth profile on the outer surface of the preform cold extrusion with direct distribution . Numerical calculations of the process. The influence of structural factors on the process of forming tooth profile , power modes , the stress-strain state . The influence of the cone angle on the properties of the matrix material in the process of cold plastic deformation. Based on these studies was proposed technology for producing tooth profiles on the outer surfaces of the preforms , die tooling is designed and selected technological equipment .*

Keywords: *toothed profile , cold extrusion with the distribution , power modes , the stress-strain state, technology for producing , die tooling .*

Сучасне виробництво зубчастих коліс та валів потребує впровадження нових ресурсозберігаючих технологічних процесів, які б дозволили суттєво зменшити витрати на отримання та підвищити точність форми і розмірів вказаних деталей. В підсумку це приведе до зниження собівартість виробів та зробить продукцію конкурентноспроможною. Одним з способів високопродуктивного виготовлення високоточних деталей є холодне видавлювання, при якому кругла заготовка з діаметром більшим за зовнішній діаметр колеса або вала деформується в матриці відповідного профілю. Спосіб дозволяє отримувати заготовки зубчастих коліс та валів [1]. Однак наявність значних питомих зусиль при холодному формоутворенні в такій матриці приводить до низької її стійкості. Тому холодне видавлювання при такому підході малоефективне і до теперішнього часу не знайшло широкого розповсюдження. Спосіб холодного видавлювання з роздачею різноманітних

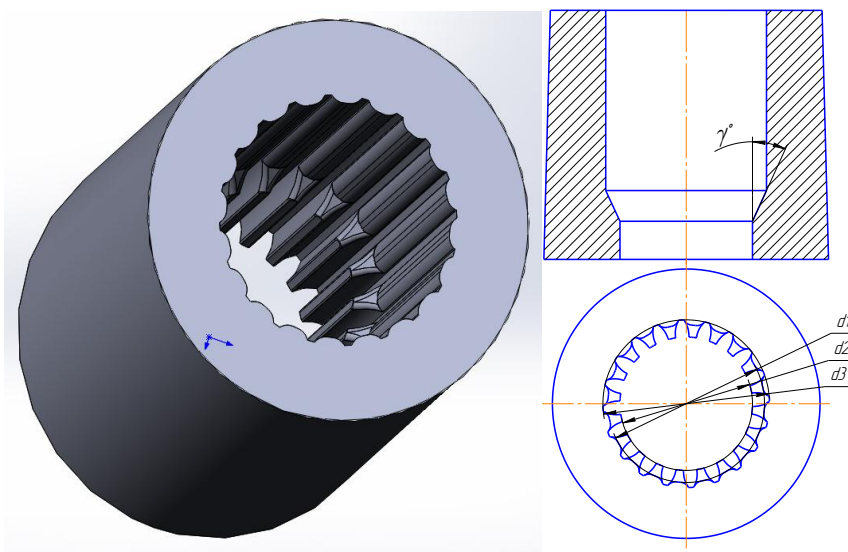


Рис.1. Матриця для видавлювання з роздачею

профілів, коли діаметр вихідної заготовки менший за максимальний розмір профілю, дозволяє суттєво зменшити зусилля та питомі зусилля видавлювання, підвищити стійкість інструменту та

отримати готовий виріб з необхідними фізико-механічними властивостями [2,3]. Тому можна використати такий спосіб для холодного видавлювання заготовок зубчастих коліс та валів. Для цього була розроблена конструкція матриці, яка зображена на рис. 1. Вихідна заготовка встановлюється по діаметру d_1 на виступи, діаметр d_2 яких виконаний по розміру діаметру впадин майбутніх коліс або валів. Виступи розташовані під кутом γ . В матриці розмір d_3 відповідає діаметру виступів. При деформуванні по конічних виступах

проходить формоутворення зубчастого колеса чи вала, при цьому діаметр виступів d_3 більший за зовнішній діаметр d_1 вихідної заготовки.

Метою роботи є визначення з використанням методу скінченних елементів (МСЕ) раціональної формозміни металу та встановлення силових режимів, напружено-деформованого стану заготовок в процесах прямого традиційного видавлювання та видавлювання з роздачею зубчастого профілю.

Чисельні експерименти проводилися з використанням скінченно-елементної програми DEFORM3D. Об'ємний напружено-деформований стан заготовки визначався в пластичній постановці з урахування комплексного впливу конструктивних, технологічних та фізико-механічних факторів на формозміну металу.

Для отримання профілю колеса видавлюванням з роздачею, на відміну від традиційного видавлювання, була використана заготовка, діаметр якої менше за зовнішній діаметр колеса. Для видавлювання з роздачею проведено вивчення впливу діаметра вихідної заготовки та кута конусу матриці на формозміну металу, силові режими, питомі зусилля та напружено-деформований стан заготовок.

Розміри зубчастого колеса, які треба отримати видавлюванням: модуль $m=3$, число зубів $z=20$; діаметр колеса $d=66$ міліметрів (мм); ділительний діаметр $d_d=60$ мм; діаметр впадин $d_b=52,5$ мм; висота колеса $h=12$ мм.

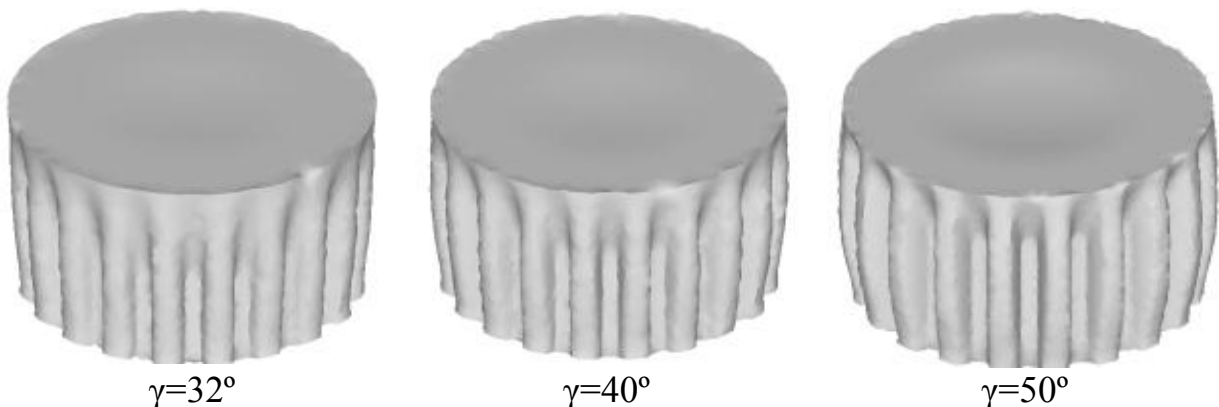
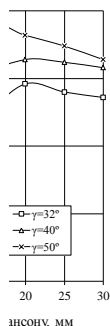


Рис. 2. Заповнення зубчастого профілю при видавлюванні з різними кутами конусу матриці

Діаметр вихідної заготовки із сталі 45 $d_1=62$ мм, висота заготовки $h_3=30$ мм. Процес видавлювання здійснювався по схемі «заготовка за заготовкою».

Коефіцієнт тертя на контактуючих поверхнях приймали $\mu=0.08$. Чисельне моделювання проводили для таких кутів конусу матриці $\gamma=32^\circ$, 40° та 50° .



Геометрична форма отриманого профілю показана на рис. 2. Аналіз формозміни показує, що повне заповнення зубчастого профілю спостерігається при великих кутах конусу матриці. При найменшому куті метал більш інтенсивно витікає в осьовому напрямку. Залежності зусилля видавлювання від переміщення пуансону при деформуванні в матриці з різними кутами конусу показані на рис. 3.

Рис. 3. Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону

Найбільшу величину зусилля (945 кН) отримано для видавлювання з роздачею

через матрицю з кутом конусу $\gamma = 50^\circ$.

Зміцнення матеріалу zdeформованого металу можна оцінити по розподілу інтенсивності напружень σ_i що виникає в осередку деформації до моменту виходу заготовки з калібруючого пояса (рис. 4).

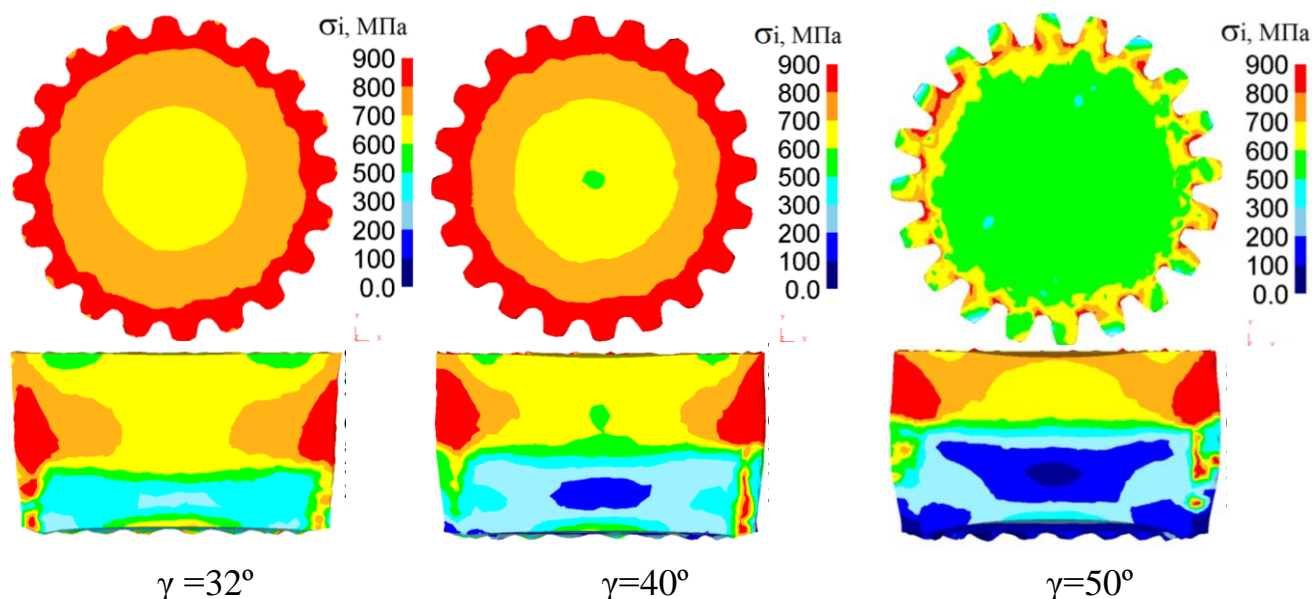


Рис. 4. Розподіл інтенсивності напружень в осередку деформації при видавлюванні зубчастих коліс з роздачею

Розподіл показано в поперечному перетині та повздовжньому.

Збільшення кута конусу матриці призводить до зменшення осередку деформації

та більш інтенсивному зміцненню саме зубців колеса. Середина профілю отримує незначне зміцнення, що дозволить провести подальшу пластичну обробку для отримання отвору.

Розподіл інтенсивності деформацій в осередку деформації при видавлюванні з роздачею представлено на рис. 5. Розподіл представлено в двох перетинах: поперечному та повздовжньому. Збільшення кута конуса матриці призводить до збільшення деформації в радіальному напрямку, що призводить до повного заповнення зубчастого профілю.

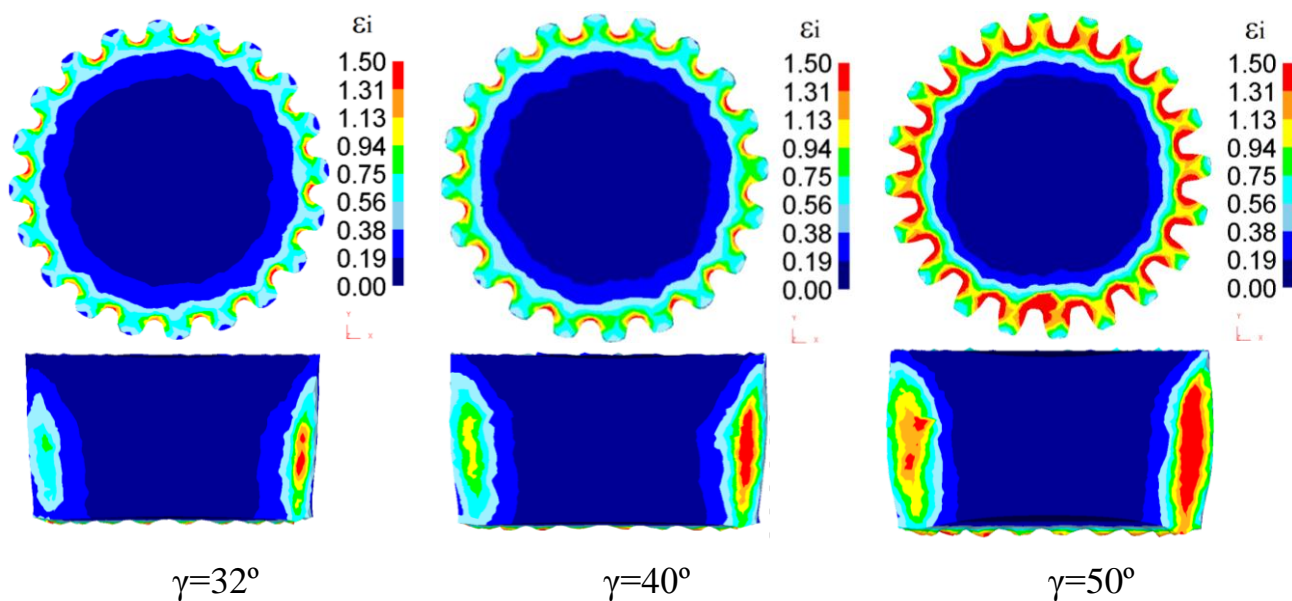


Рис. 5. Розподіл інтенсивності деформацій в осередку деформації при видавлюванні при видавлюванні зубчастих коліс з роздачею.

Враховуючи отримані результати, для отримання зубчастого колеса холодним видавлюванням з роздачею через конічну матрицю з кутом конуса 40° було спроектоване технологічне оснащення. Загальний вигляд штампу показаний на рис. 6. Штамп складається з верхньої та нижньої частин. Верхня плита штампа 9 кріпиться до повзуна 7 пресу за допомогою болтів 19. До верхньої плити прикручується болтами 17 обойма 10, в якій встановлений вузол кріплення пуансона 3, що має опорну конічну поверхню. Пуансон 3 спирається на підкладну плиту 12 з сферичною поверхнею, яка в свою чергу спирається на сферичну опору 11. За допомогою гайки 14 і кільця 13 здійснюється кріплення пуансона 3. На нижній плиті 5, яка кріпиться до столу пресу 8 за допомогою болтів 16, встановлена бандажовані матриця 1 і контейнер 2. Контейнер і матриця притискним кільцем 6 прижимаються за допомогою шпильок 15 та

гайок 18 через підкладну опору 20 до нижньої плити 5. Перед видавлюванням в контейнер 2 на матрицю встановлювались одна або декілька заготовок. При прикладенні навантаження пуансон 3 діє на верхню заготовку в контейнері 2 і проходить видавлювання заготовки 4 через філь'єру матриці 1. Повний вихід готового виробу 21 з матриці починається при здійснюванні видавлювання наступної заготовки. Процес видавлювання продовжується по схемі "заготовка за заготовкою". Штмп встановлюється гідравлічний прес ДБ 2432 зусиллям 1,6МН.

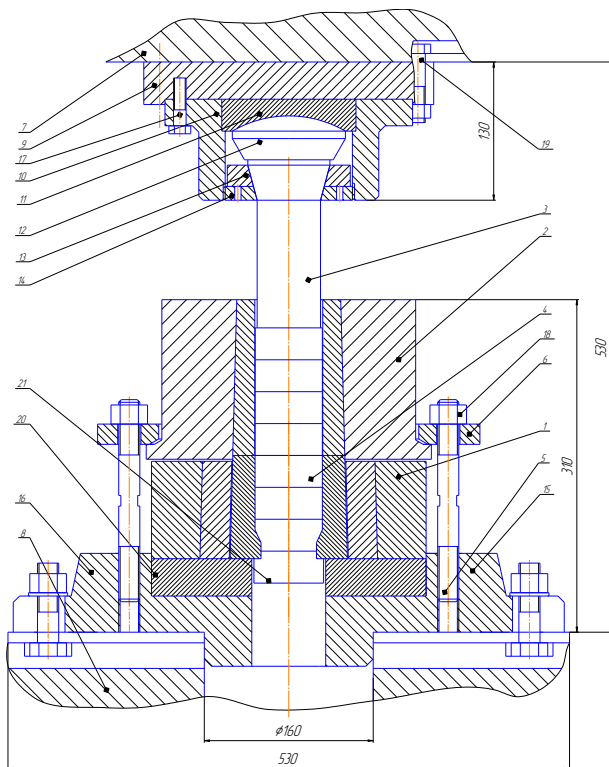


Рис. 6. Загальний вигляд штампу для прямого видавлювання зубчастого профілю з роздачею

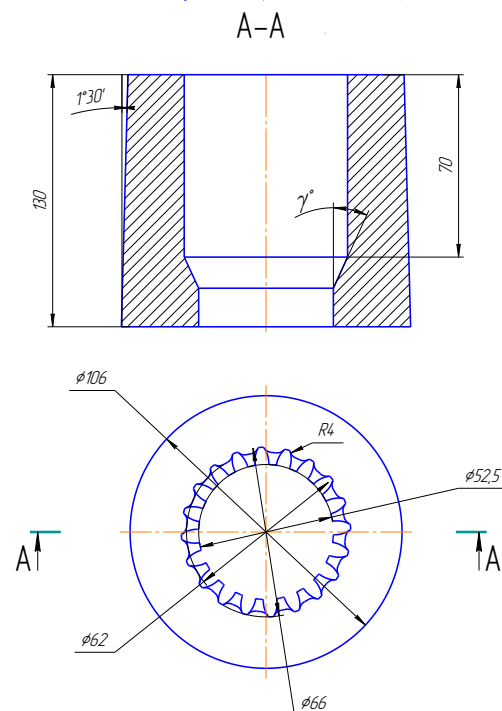


Рис. 7. Креслення матриці

Висновки

1. Проведено чисельні розрахунки холодного видавлювання зубчастих коліс з роздачею через конічну матрицю із сталі 45 з різними кутами конуса. Визначені силові режими, напружено-деформований стан та кінцева форма виробу.

2. Розроблена технологія та спроектовано технологічне оснащення для отримання зубчастого профілю із сталі 45, що дозволяє підвищити

продуктивність виготовлення та коефіцієнт використання металу і практично виключити подальшу механічну обробку.

Література

1. Белошенко В.А. Теория и практика гидроэкструзии. / Белошенко В.А., Варюхин В.Н., Спусканюк В.З. - Киев. Наукова думка, 2007.– 247 с
2. Черный Ю.Ф. Способ выдавливания фасонных изделий. / Черный Ю.Ф., Калюжный В.Л., Фоменко В.А., Воронин Н.И. // А.с. СССР. № 1738409. –Опубл. в Бюл. № 21, 1992г.
3. В.Л. Калюжный. Визначення зусилля прямого холодного видавлювання з роздачею прямокутних профілів / В.Л. Калюжный, О.В. Калюжный, В.М. Горностай, І.Я. Крижанівська. // Обработка материалов давлением. Сборник научных трудов, № 1(20)-2009, Краматорск, ДГМА. с. 23-27.
4. В.Л. Калюжный. Безвідхідні технології виготовлення профілів із сталей / В.Л. Калюжный, О.В. Калюжный, В.М. Горностай, В.В.Піманов // Наукові нотатки Міжвузівський збірник. Луцький національний технічний університет. Вип. 25, частина 1, 2009.с. 107-111.
5. В.Л. Калюжный. Розрахунковий аналіз холодного прямого видавлювання прямокутних профілів з високовуглецевих сталей / В.Л. Калюжный, М.В. Орлюк, В.М. Горностай, О.С. Запорожченко // Вісник НТУУ “КПІ” Машинобудування, випуск 60 – Київ.-2010. с. 77-81.

Відомості о авторах:

Калюжный Володимир Леонідович, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», професор кафедри Механіки пластичності матеріалів та ресурсосберігаючих процесів, доктор технічних наук. 04073 г. Киев, ул. Сырецкая 42/44 кв. 65, тел.+380444328184, раб. +380444549611. k_omd@ukr.net

Горностай Вадим Миколайович, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», старший викладач кафедри Механіки пластичності матеріалів та ресурсосберігаючих процесів, кандидат технічних наук. 03148 г. Киев, ул. Академика Королёва 2а, кв.175, тел. +380444038671, раб. +380444549611. gornwad@ukr.net

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТРАДИЦІЙНОГО ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ТА ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З РОЗДАЧЕЮ ЗАГОТОВОК ЗУБЧАСТИХ КОЛІС ТА ВАЛІВ