

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Механіко-машинобудівний інститут

(повна назва інституту/факультету)

Механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 621.777.4

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

Тітов В.А.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2018р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і назва)

на тему: Підвищення стійкості деформуючого інструменту в процесах
зворотного видавлювання порожнистих виробів із сталі

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи МД-71мп

(шифр групи)

Головко Оксана Сергіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доц., к.т.н., Горностай Вадим Миколайович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) механіко-машинобудівний
(повна назва)

Кафедра механіки пластичності матеріалів та ресурсозберігаючих процесів
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою
програмою

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Спеціалізація _____

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Головко Оксана Сергіївна**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Зменшенн питомих зусиль на деформуючому інструменті у
в процесах зворотного видавлювання порожнистих виробів із сталі

_____,
науковий керівник дисертації доц.,к.т.н., Горностай Вадим Миколайович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом дисертації _____ 2018

3. Об'єкт дослідження процеси холодного зворотного видавлювання
порожнистих виробів, які дозволяють зменшити питомі напруження на
робочому інструменті.

4. Предмет дослідження особливості та закономірності впливу
конструктивних параметрів (початкового положення заготовки та кут конуса
матриці) на процес зворотного холодного видавлювання порожнистих
виробів з роздачою.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити виконання аналізу сучасного стану досліджень і підвищення стійкості деформуючого інструменту. Постановка задачі теоретичних досліджень . Проведення чисельних експериментів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу 24 слайдів_____

7. Орієнтовний перелік публікацій 2 стаття ,2 тези. _____

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається зі 77 сторінок, в тексті зазначено 40 рисунків, 14 таблиць. В даній атестаційній роботі використано 35 найменування бібліографічних посилань.

Метою роботи є визначення впливу конструктивних параметрів процесу холодного зворотного видавлювання на кінцеву форму виробу, силові режими напружено-деформований стан та зменшення питомих напружень на робочому інструменті, що дозволяє досягнути підвищення стійкості деформуючого інструменту.

В дисертаційній роботі були виконані наступні задачі:

- провести аналітичний огляд наукових публікацій про процеси холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів та визначити перспективні схеми які дозволяють зменшити питомі напруження на робочому інструменті;
- врахувавши результати проведеного аналізу визначити основні напрямки дослідження;
- виконати чисельне моделювання за програми DEFORM 2D/3D, яка реалізована на основі методу скінченних елементів;
- розробити рекомендації, на основі отриманих результатів, для подальшої розробки технології холодного зворотного видавлювання порожнистих деталей з зменшеними питомими напруженнями на робочому інструменті.

Ключові слова: видавлювання , циліндричні порожнисті вироби, метод скінченних елементів, положення заготовки , кут конуса матриця , пружено-деформований стан, критерій руйнування.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация состоит из 77 страниц, текст заявил 40 фигур, 14 таблиц. В этой работе используется 35 имя ссылки. Цель состоит в том, чтобы определить влияние конструктивных параметров процесса холодного обратного выдавливания на окончательную форму продукта, режимы питания напряженно деформированного состояния и сокращения конкретных напряжений на вашем инструменте, позволяет достичь повышение стойкости инструмента. В этой работе были выполнены следующие задачи: проводить аналитический обзор научных публикаций о процессах холодного обратного выдавливания полых изделий и определить перспективные схемы, которые позволяют снизить конкретные стресса на ваш инструмент; -принимая во внимание результаты анализа для определения основы областей исследований; -выполнение программы численного моделирования DEFORM 2D/3D, которая осуществляется на основе метода конечных элементов; -разработать рекомендации, основанные на результатах, для дальнейшего развития технологии холодного обратного выдавливания полых частей с ограниченной поверхности на вашем инструменте. Ключевые слова: экструзия, цилиндрические, полые изделия, метод конечных элементов, позиция заготовки, угол конуса матрица *pruženo* деформированное состояние критериев.

ABSTRACT

The master's dissertation consists of 77 pages, in the text there are 40 drawings, 14 tables. In this attestation work 35 names of bibliographic references are used.

The purpose of the work is to determine the influence of the structural parameters of the cold reverse extrusion process on the final shape of the product, the power regimes of the stress-strain state and the reduction of specific stresses on the working tool, which allows achieving a higher stability of the deforming tool.

In the dissertation work the following tasks were fulfilled:

- To conduct an analytical review of scientific publications on the processes of cold back extrusion of hollow products and to identify promising schemes that allow to reduce the specific stresses on the working instrument;
- taking into account the results of the analysis to determine the basis of the study;
- perform numerical simulation for DEFORM 2D / 3D programs, implemented on the basis of the finite element method;
- to develop recommendations based on the obtained results for the further development of the technology of cold reverse extrusion of hollow parts with reduced specific stresses on the working tool.

Keywords: extrusion, cylindrical hollow products, finite element method, position of the workpiece, angle of the cone matrix, elastic-deformed state, fracture criterion.

ВСТУП

Актуальність. На даний момент, в сучасних умовах розвитку вітчизняної промисловості, підвищення стійкості деформуючого інструменту в процесах зворотного видавлювання порожнистих виробів має велике практичне значення, що дозволяє збільшити показники продуктивності процесів холодного об'ємного штампування. Основною задачею є знайти способи підвищення стійкості деформуючого інструменту в процесах зворотного видавлювання порожнистих виробів зі сталі та кольорових металів та сплавів. Виокремлюють декілька напрямлень розвитку обробки металів пластичною деформацією для підвищення продуктивності процесів холодного пластичного деформування, а саме пошук і вивчення нових схем штампування, використання автоматизації та механізації процесів. Поряд з цим, в технологіях ХОШ відомий цілий ряд засобів, спрямованих на зниження енергосилових параметрів деформування: видавлювання з активними силами тертя, деформування із застосуванням ультразвукових коливань, комбіноване деформування (видавлювання, навантаження) заготовки, локальне деформування, видавлювання з роздачою, видавлювання з натягом. Вище зазначені способи дозволяють розширити технологічні можливості процесів холодного видавлювання, а значить підвищити стійкість штампового інструменту, якість деталей, складність і точність їх форми. Одним із основних напрямлень, вважають, розвиток області обробки важкодеформуючих і малопластичних матеріалів. Це також тісно пов'язано з підвищенням стійкості інструменту.

Робочий інструмент в багатьох випадках впливає на якість отриманої продукції та рентабельність виробництва. Це є дуже важливою умовою у багатьох процесах.

Тому питання які підняті в даній роботі, які направлена на вирішення науково-практичної задачі по зменшенню питомих напружень на інструменті, є **актуальними**.

Мета роботи – визначення впливу конструктивних параметрів процесу холодного зворотного видавлювання на кінцеву форму виробу, силові режими напружено-деформований стан та зменшення питомих напружень на робочому інструменті, що дозволяє досягнути підвищення стійкості деформуючого інструменту.

Задачі дослідження:

- провести аналітичний огляд наукових публікацій про процеси холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів та визначити перспективні схеми які дозволяють зменшити питомі напруження на робочому інструменті;
- врахувавши результати проведеного аналізу визначити основні напрямки дослідження;
- виконати чисельне моделювання за програми DEFORM 2D/3D, яка реалізована на основі методу скінченних елементів;
- розробити рекомендації, на основі отриманих результатів, для подальшої розробки технології холодного зворотного видавлювання порожнистих деталей з зменшеними питомими напруженнями на робочому інструменті.

Об’єкт дослідження – процеси холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів, які дозволяють зменшити питомі напруження на робочому інструменті.

Предмет дослідження – особливості та закономірності впливу конструктивних параметрів (початкового положення заготовки та кут конуса матриці) на процес зворотного холодного видавлювання порожнистих виробів з роздачою.

Методи дослідження – для вирішення поставленої задачі зворотного холодного видавлювання порожнистих виробів з роздачою відносно впливу початкового положення заготовки на параметри процесу та відносно впливу кута на процеси холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів з

роздачою були використані теоретичні положення ОМТ та моделювання в програмі DEFORM 2D та 3D.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- чисельними експериментами отримані залежності силових режимів, напружено-деформований стан в об'ємі заготовки та кінцева форма заготовки в залежності від конструктивних параметрів процесу холодного зворотного видавлювання при зменшених питомих напруженнях на інструменті;

- розроблені рекомендації що до конструктивних параметрів процесу які дозволять зменшити питомі напруження на інструменті та підвищити стійкість робочого інструменту

Практичне значення одержаних результатів:

Розроблена технологія та конструкція штампового оснащення що дозволяє підвищити продуктивність технологічного процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів.

Особистий внесок магістранта:

Автором проведено чисельне моделювання процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів для визначення впливу конструктивних факторів на можливість зменшення питомих напружень на робочому інструменті та проведено аналіз отриманих результатів; запропоновано методику визначення раціональних параметрів процесу з урахування впливу конструктивних параметрів процесу холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів.

Апробація. Результати роботи були представлені на конференції молодих вчених присвячених до дня науки 2017р IX міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії» 21 - 23 листопада 2017 року, на міжнародній конференції XVIII МНТК

«Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта» 2017 р. М. Київ та X міжнародній науково-технічній конференції «Ресурсозбереження та енергоефективність процесів і обладнання обробки тиском в машинобудуванні та металургії» 21 - 23 листопада 2018 року.

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ПОРОЖНИСТИХ ВИРОБІВ ХОЛОДНИМ ЗВОРТНИМ ВІДАВЛЮВАННЯМ

Всі операції холодного об'ємного штампування в основному засновані на пластичності металу, що піддається обробці тиском. На практиці існують обмеження по питомим зусиллям. При холодному формоутворенні фабрикатів не повинно проходити руйнування заготовки. Тому створюються умови, які забезпечують максимальне формоутворення без руйнування, за один перехід при допустимих значеннях питомих зусиль на деформуючому інструменті в залежності від його стійкості.

Фактором який обмежує поширення ХОШ є необхідність створення при зміні форми заготовки високих питомих зусиль, що перевищують у деяких випадках в 4-7 разів напруження текучості металу, що деформується[1]. Це ставить нас перед жорсткими вимогами до міцністних й втомних характеристик матеріалів, які застосовуються для створення інструмента. ХОШ має місце при питомих зусиллях на деформуючому інструменті до 2000 - 2500 МПа і стійкості його 10000 - 15000 заготовок[1].

Процеси ХОШ з зворотною течією металу. У вказаних процесах течія металу при штампуванні проходить в зворотному напрямку прикладання зусилля деформування, тобто в зворотному напрямку переміщення деформуючого інструменту (рис. 1.1).

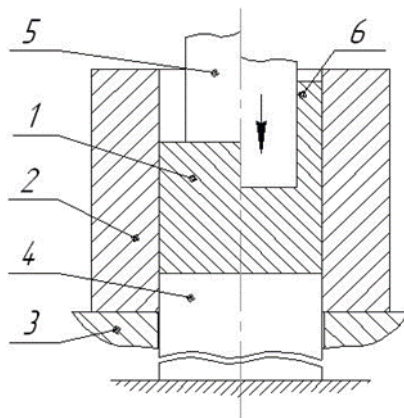


Рис. 1.1. Схема процесу ХОШ зі зворотною течією металу

(1- заготовка, 2-матриця, 3 - плита, 4- виштовхувач, 5 – пуансон, 6 – виріб)

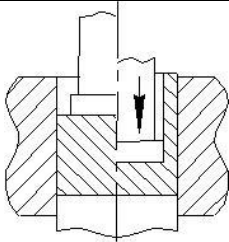
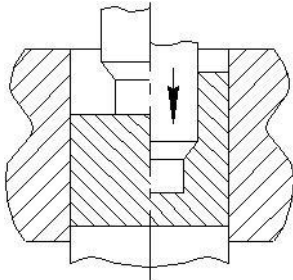
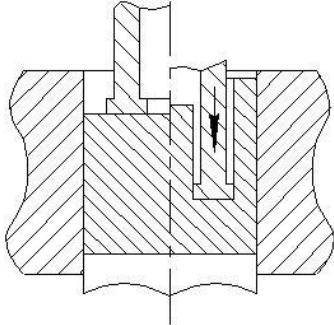
Сутність процесів ХОШ з зворотною течією металу наступна: вихідна заготовка 1 встановлюється в матриці 2, яка встановлена на плит 3, і спирається нижнім торцем на виштовхувач 4. Під дією суцільного або порожнистого пуансона 5 на верхній торець заготовки 1 метал переміщується вертикально вгору і отримується виріб 6. Процесами ХОШ з зворотною течією металу отримують порожнисті вироби з круглими, квадратними, прямокутними, овальними порожнинами, причому порожнини можуть бути як постійного розміру так і ступінчастими. Зовнішні розміри порожнистих виробів можуть бути від 5 до 150 мм, товщина стінок від 0,1 мм до декількох десятків міліметрів, висота до 250 мм.

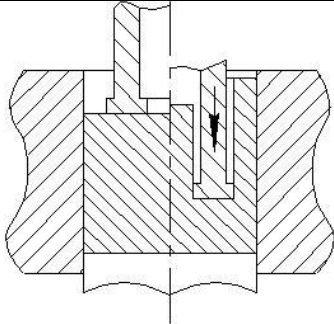
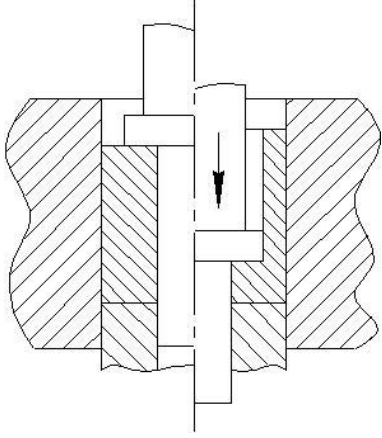
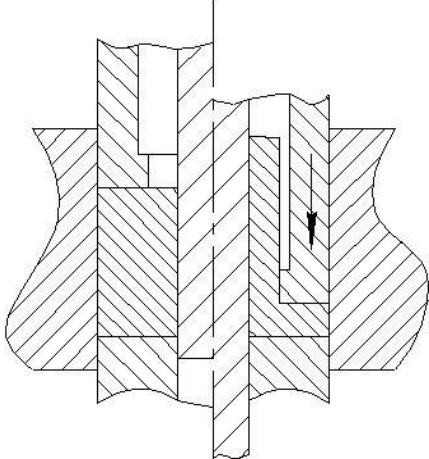
Наведеними процесами також можна отримувати стержневі вироби при менших зусилля деформування, але менших розмірів, на відміну від попереднього процесу.

Пропрацювання структури металу пластичною деформацією виконується не по всьому об'ємі заготовки.

Процеси реалізуються на гідравлічних, кривошипних та кривошипно-колінних пресах [1].

Найменування та схема операції	Технологічні можливості операції
1	2
1. Зворотне видавлювання виробів з суцільних заготовок суцільним пуансоном постійного діаметра	Виробництво порожнистих виробів з дном з пластичних кольорових і чорних металів та сплавів: 1. Видавлювання порожнистих виробів з круглою зовнішньою і внутрішньою поверхнями.

	2. Видавлювання коробчастих порожнистих виробів. 3. Видавлювання порожнистих виробів з фасонною зовнішньою і внутрішньою поверхнями.
2. Зворотне видавлювання виробів з суцільних заготовок ступінчастим пуансоном 	Виробництво виробів зі ступінчатою порожниною і дном з пластичних кольорових і чорних металів та сплавів при більшому зусиллі деформування в порівнянні з п.1: технологічні можливості аналогічні п. 1.
3. Зворотне видавлювання виробів з суцільних заготовок трубчастим пуансоном 	Виробництво порожнистих виробів з виступами в донній частині з пластичних кольорових і чорних металів та сплавів: 1. Видавлювання порожнистих виробів з круглими зовнішньою і внутрішніми поверхнями. 2. Видавлювання порожнистих виробів з фасонними зовнішньою і внутрішніми поверхнями.
3. Зворотне видавлювання виробів з суцільних заготовок трубчастим пуансоном	Виробництво порожнистих виробів з виступами в донній частині з пластичних кольорових і чорних металів та сплавів: 1. Видавлювання порожнистих

	виробів з круглими зовнішньою і внутрішніми поверхнями. 2. Видавлювання порожнистих виробів з фасонними зовнішньою і внутрішніми поверхнями.
4. Зворотне видавлювання виробів з трубчастих заготовок суцільним пуансоном 	Виробництво виробів з пластичних і важкодеформівних кольорових і чорних металів і сплавів з трубчастих заготовок: 1. Видавлювання круглих трубчастих виробів з потовщенням на внутрішній поверхні. 2. Видавлювання фасонних трубчастих виробів з потовщенням на внутрішній поверхні.
5. Зворотне видавлювання виробів з трубчастих заготовок трубчастим пуансоном 	Виробництво виробів з пластичних і важкодеформівних кольорових і чорних металів і сплавів з трубчастих заготовок: 1. Видавлювання круглих трубчастих виробів з потовщенням на зовнішній поверхні. 2. Видавлювання фасонних трубчастих виробів з потовщенням на зовнішній поверхні.

Схеми основних операції ХОШ зі зворотною течією металу і їх технологічні можливості представлені в таблиці 1.1[1].

Процеси отримання фабрикатів холодним об'ємним штампуванням застосовуються в багатьох сферах промисловості, але на превеликий жаль, їх широке розповсюдження на практиці призупинене наявністю великих питомих напружень на інструменті, що не являється позитивним фактором. Це суттєво впливає на робочий інструмент, стійкість якого зменшується. Особливу увагу можна виділити військовому промислому комплексу, а саме виготовленню боєприпасів [2]. Це виробництво, що вимагає високої продуктивності та невеликої втрати металу, а технології холодного зворотного видавлювання - цілком справляються з отримати високоточних виробів або напівфабрикатів з підвищеними експлуатаційними властивостями [3,4]. Для порожнистих виробів із сталей і кольорових металів широко використовують холодне видавлювання яке являється точним и високопродуктивним виготовленням.

Існує декілька способів холодного видавлювання, а саме:

1. Пряме видавлювання;
2. Зворотне;
3. Бічне (радіальне);
4. Комбіноване видавлювання;
5. видавлювання з роздачою, та інші.

Представлені схеми отримання порожнистих виробів зворотним ХВ на рис.1.2. На даний час для отримання порожнистих виробів в промисловості широко розповсюджений процес зворотного видавлювання (рис. 1.2 а).

За даним джерела [4], процес зворотного видавлювання порожнистих виробів в порівнянні з прямим видавлюванням (рис 1.2 б), приводить до збільшення стійкості оснащення завдяки меншим питомим напруженням на деформуючому інструменті.

Авторами [5] запропонований спосіб видавлювання порожнистих виробів (рис. 1.2 в), який застосовують для видавлювання алюмінієвих сплавів, низько вуглецевих та середньовуглецевих сплавів. видавлювання по

такій схемі дозволяє знизити зусилля деформування до 10% в вільно плаваючій матриці та до 30% в матриці, що примусово переміщується. Вказаний процес докладно вивчений в роботах О. Г. Овчиннікова із співробітниками [5,6,7]. Такий спосіб не дає змоги отримати глибокі порожнини в низько вуглецевих сталях [6].

Процес видавлювання із загальмованою матрицею дозволяє проводити сприятливе пропрацювання структури металу пластичною деформацією по всьому об'єму заготовки [8]. Автори отримали такі результати при видавлюванні алюмінієвих сплавів.

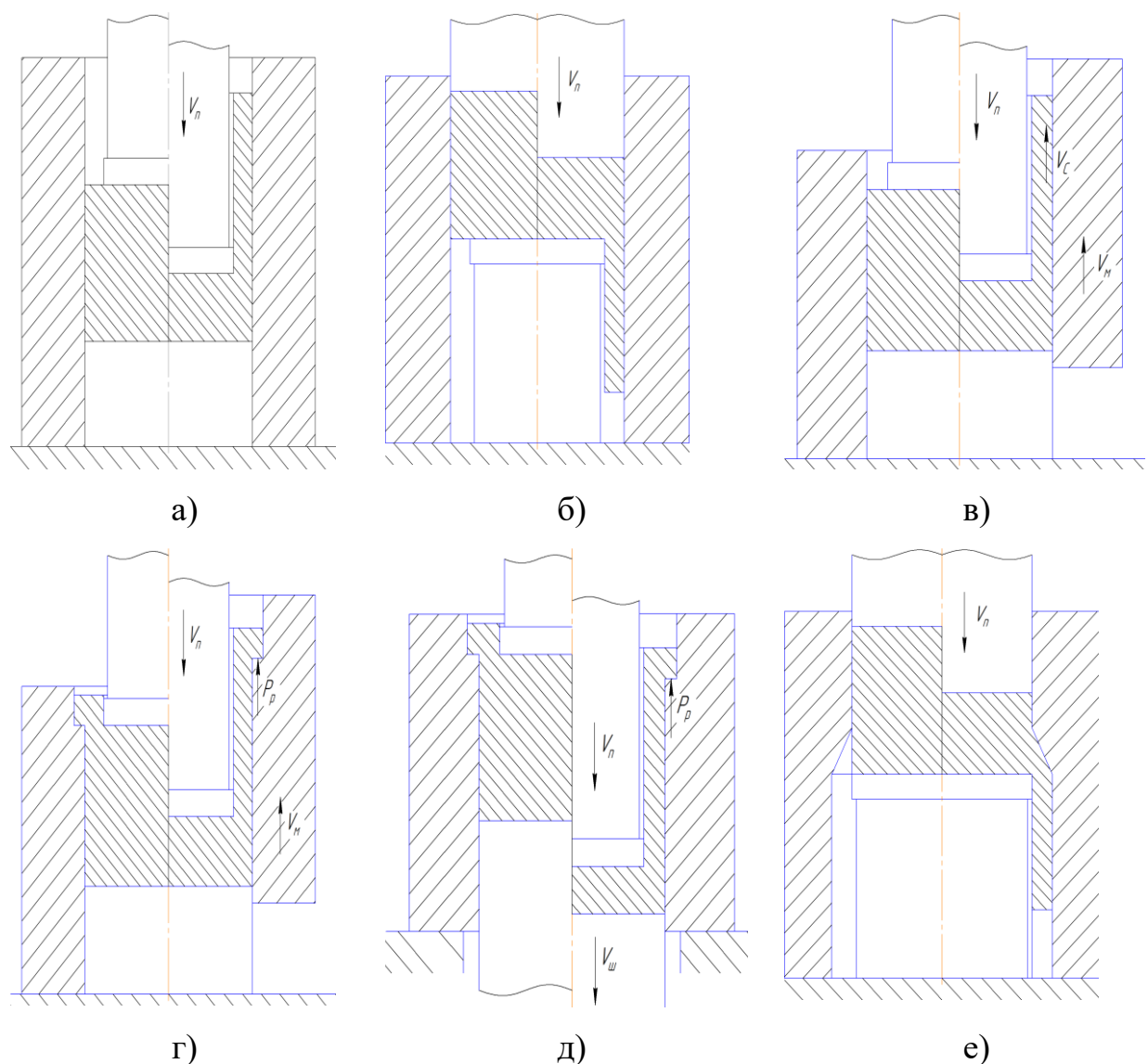


Рис. 1.2 Способи холодного видавлювання вісесиметричних порожнистих виробів

При прямому видавлювання, спостерігаємо, метал впливає в отвір, розташоване в донній частини заданої матриці, в напрямку, що збігається з напрямком руху пуансона щодо матриці. Так можна отримувати деталі типу стрижнів з потовщеннями. Зазор між пуансоном і циліндричної частиною матриці повинен бути досить малий для того, щоб метал не випливав в нього.

При зворотному видавлюванні напрямок течії металу протилежно руху пуансона щодо матриці. Найбільш часто зустрічається схемою зворотного видавлювання є схема, при якій метал може впливати в кільцевий зазор між пуансоном і матрицею. За такою схемою виготовляють порожнисті деталі типу туб (корпусу тюбиків), екранів радіоламп і ін.

Рідше застосовують схему зворотного видавлювання, при якій метал видавлюється в отвір в пуансоні, для отримання деталей типу стрижня з фланцем.

При бічному видавлюванні метал впливає в отвір бічній частині матриці в напрямку, що не співпадає з напрямком руху пуансона. Таким чином можна отримати деталі типу трійників, хрестовин і т.п. У цьому випадку, щоб забезпечити видалення заготовки після штампування, матрицю виконують складається з двох половинок з площиною роз'єму, що збігається з площиною, в якій розташовані осьові лінії заготовки і одержуваного відростка.

Комбінована схема видавлювання характеризується одночасною течією металу за кількома напрямками і може бути здійснено за кількома з раніше розглянутих схем холодного видавлювання [9].

Основними задачами теоретичних досліджень процесів зворотного видавлювання є визначення питомих зусиль та загального зусилля деформування, визначення напружено-деформованого стану та якості виробів, що отримуються.

По розподілу нормальних напружень на контактуючих поверхнях можна зробити оцінку питомих зусиль. Висоту осередку деформації визначають математичним шляхом з умови мінімуму зусилля деформування [10].

З розвитком комп'ютерної техніки широке розповсюдження для аналізу процесів зворотного видавлювання і не тільки отримав метод скінченних елементів (МСЕ). Метод дозволяє отримувати точну інформацію про матеріал, що деформується, яка доступна тільки лабораторному експериментальному дослідженню. Базується він на різних підходах для визначення переміщень та компонентів напружено-деформованого стану при використанні для аналізу формозміни пружно-пластичного та жорстко – пластичного стану матеріалів, які розподіляються на певну кількість скінченних елементів, що зв'язані між собою в вузлових точках, але всі вони дають приблизно однакові результати.

Холодне штампування видавлюванням є одним з найбільш прогресивних методів холодної обробки металів тиском та має високі техніко-економічні переваги. Процес холодного видавлювання заснований на використанні пластичних властивостей металів і представляє собою формозмінення заготовки шляхом всебічного стиску з течією металу зовні, в незамкнену порожнину штампу. Цей метод дає можливість виготовляти різноманітні деталі складної конфігурації (з мінімальною кількістю операцій) і отримувати з заданою точністю взаємозамінні деталі.

До економічних переваг холодного видавлювання відносяться:

- 1) економні витрати металу;
- 2) висока продуктивність;
- 3) низька собівартість виробів.

Холодне видавлювання можна застосовувати при виготовленні не менше ніж 40–50 % всіх невеликих і середніх серійних, масових деталей, які отримують обробкою різанням із пруткової сталі, кольорових металів і сплавів, що забезпечило б збереження багатьох тон металу, які ідуть у відходи і одночасно дало б можливість значно скоротити трудомісткість і знизити собівартість виробів, що випускаються[10].

В табл. 2 наведені економічні показники, що отримані при застосуванні холодного видавлювання замість обробки металів різанням, лиття і гарячого штампування [8].

Таблиця 1.2

Економічні показники холодного видавлювання в порівнянні з іншими процесами.

Технологічні процеси	Економічні показники при холодному видавлюванні, %		
	Скорочення витрат металу	Зменшення трудомісткості	Зниження собівартості
Обробка різанням	40–90	30–65	20–75
Лиття	10–35	10–20	15–35
Гаряче штампування	15–45	20–35	15–40

В довоєнні роки процес холодного видавлювання використовувалося лише для виготовлення простих малогабаритних деталей (типу тюбиків для фарби і парфумної продукції) із найбільш пластичних матеріалів, як олово і свинець.

Більш широке застосування холодне видавлювання отримало в післявоєнні роки головним чином в радіоприладобудуванні. Із алюмінію, цинку, дюралюмінію, міді, латуні та інших матеріалів і сплавів виготовлялись корпуса полюсів для кишенькових батарей, корпуса електролітичних конденсаторів, екрани для радіоламп, цоколі, тримери, оболонки для електричних нагрівних приладів, трубки для водяного охолодження фільтрів і опріснювачів та багато інших виробів (рис. 1.2).

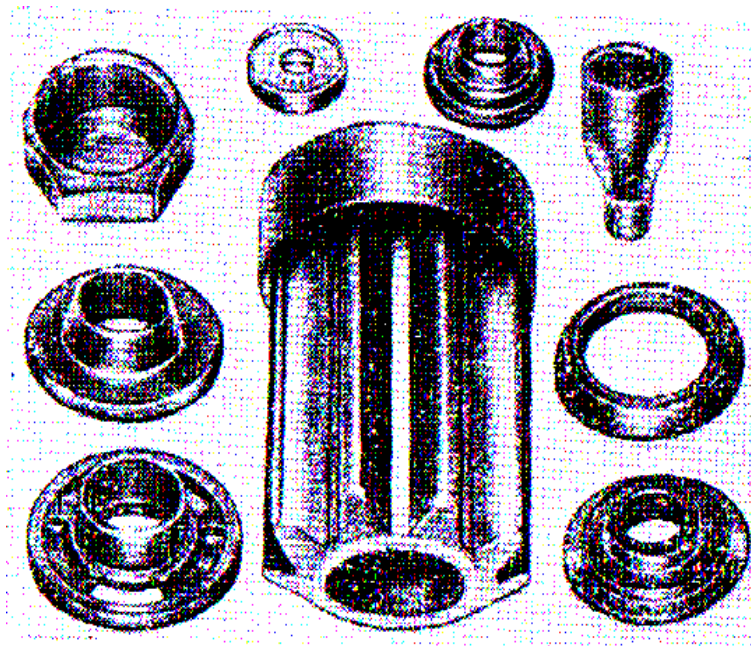


Рисунок 1.3 – Порожністі вироби, отримані холодним видавлюванням

Деякі заводи використовували холодне видавлювання для отримання профільних напівфабрикатів, які раніше виготовлялись фрезеруванням чи свердлінням з подальшим протяганням фасонних отворів (рис. 1.3).



Рисунок 1.4 – Перерізи виробів, отриманих холодним
видавлюванням

На сьогодні холодне видавлювання застосовується для виготовлення деталей найрізноманітніших форм із різних металів і сплавів, в тому числі і з високоміцних. Так, в останні роки виробництвом освоєно велику кількість деталей із вуглецевих, легованих, інструментальних, нержавіючих і жароміцних сталей, із сплавів титану, молибдену, цирконію та ін[11].

Габарити виробів, що отримуються холодним видавлюванням, визначаються потужністю обладнання. Стальні пустотілі вісесиметричні деталі виготовляються діаметром 125 мм і більше та довжиною (в напрямку видавлювання) 250 мм і більше. Максимальні товщини стінок можуть бути рівними 12–18 мм, а мінімальні – 2–3 мм. При всьому цьому напівфабрикати і деталі відрізняються достатньою точністю (2–4 класи) і високою стабільністю розмірів, високою чистотою поверхонь (∇ 7–9) і підвищеною міцністю. Доопрацювання їх різанням після видавлювання зазвичай зводяться до мінімуму: підрізка торців, прорізка вузьких пазів, свердління та нарізання мілких отворів і т. д., а в більшості випадків відпадають взагалі[12].

Однак технологічні можливості холодного видавлювання не є безмежними і визначаються двома основними факторами: величиною питомого тиску на інструмент та конструкцією заданої деталі.

В якості показника величини питомого тиску приймають середній тиск в поперечному перерізі пуансона. Оцінка умов, в яких протікає процес видавлювання, відбувається по інтенсивності навантаження пуансона, який працює в найбільш напружених умовах; конструктивні можливості збільшення його міцності обмежені, в той час як робочі напруження в стінках матриці можуть бути знижені за рахунок створення попередніх напружень протилежного знаку[13].

Питоме зусилля (середнє нормальне напруження) p визначається тиском максимального зусилля P на нормальну до напрямку дії зусилля найменшу площу поперечного перерізу пуансона F_n [14]:

$$p = \frac{P}{F_n} . \quad (1.1)$$

В даний час пристосування для холодного видавлювання

виготовляють із високолегованих інструментальних сталей X12M, X12Ф1, X6ВФ, 65X4В7ФМ, Р18 та їм подібним, які мають границю текучості в загартованому стані, близьку до величини 2500 МПа. Тому питомі зусилля в процесі видавлювання не повинні перевищувати цього значення. Враховуючи нерівномірність розподілення питомих тисків по площі поперечного перерізу пуансона і необхідність мати деякий запас міцності, в промисловій практиці обмежуються величиною питомих тисків порядку 2000–2200 МПа[14].

В процесі холодного видавлювання відбувається зміцнення металу деталі, що призводить до підвищення її міцності. Це дозволяє при відсутності наступного відпалу (чи іншого виду термічної обробки) проводити заміну середньовуглецевих конструкційних сталей 45, 40Х на низьковуглецеві – марок 20, 15Х, 20Х. Деталь, яка отримана холодним видавлюванням, має підвищену міцність ще й тому, що відсутній переріз волокон металу, який має місце при обробці різанням, оскільки після видавлювання в деформованій частині деталі волокна металу розташовані відповідно її конфігурації.

Дослідженнями встановлено, що відбувається також підвищення втомлюваної і ударної міцності деталей, виготовлених холодним видавлюванням.

Холодним видавлюванням можна виготовляти деталі складної форми, які через відсутність економічно належних технологічних процесів в серійному виробництві раніше не могли бути виконані.

Наприклад, за допомогою видавлювання відкриваються широкі можливості виготовлення багатограних чи зубчатих деталей різноманітної форми (рис. 1.4). Такі деталі можуть мати переріз зі змінною товщиною стінки. Однак симетрія форми при масовому виробництві є обов'язковою.

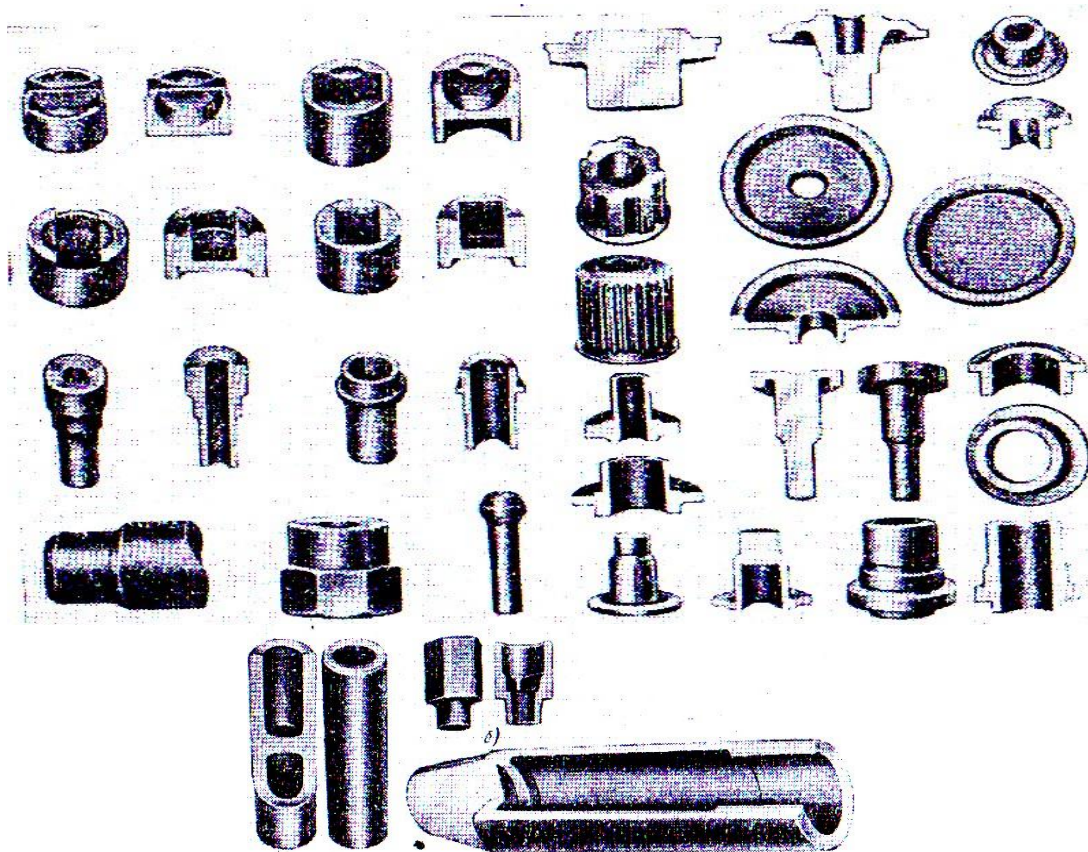


Рисунок 1.5 – Приклади деталей, що виготовляються холодним видавлюванням в США (а, б); Англії (в); Німеччині (г, д) [3–7]

Холодне штампування заготовок зворотним видавлюванням широко використовується у всіх галузях промисловості. Одна із переваг процесу зворотного видавлювання полягає в тому, що при забезпеченні необхідної жорсткості обладнання можна отримувати заготовки, які не потребують подальшої механічної обробки.

При зворотному способі видавлювання (рис. 1.5) течія металу відбувається у напрямку, протилежному прикладання тиску, тобто в протилежну сторону робочого ходу пуансона. Цей спосіб використовується для отримання порожнистих тіл, у яких ні один поперечний переріз не може бути більше відкритого кінця виробу. Зворотним способом виготовляють порожнисті заготовки круглої, квадратної, прямокутної, овальної і інших складних форм [11] (рис. 1.6) з однаковим поперечним

перерізом по всій довжині, діаметром від 8 до 150 мм, товщиною стінок від 0,08 до 3 мм і висотою до 300 мм.

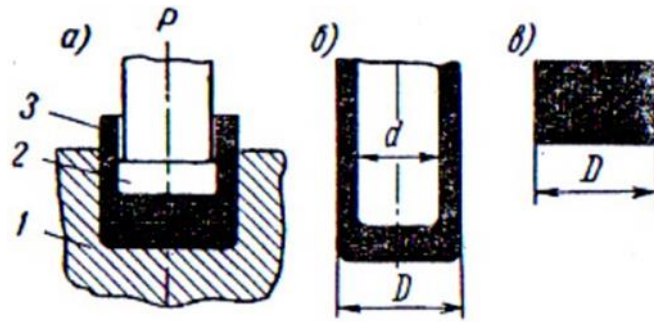


Рисунок 1.6 – Схема зворотного способу видавлювання
а) схема видавлювання (1 – матриця; 2 – пуансон; 3 – деталь);
б) деталь; в) заготовка

Зворотний спосіб видавлювання цінний тим, що цим способом можна виготовляти такі деталі, у яких товщина нижньої частини може бути більше товщини стінок, а також можна отримувати вироби з виступами, ребрами і т. д., але з однаковою товщиною стінок[15].

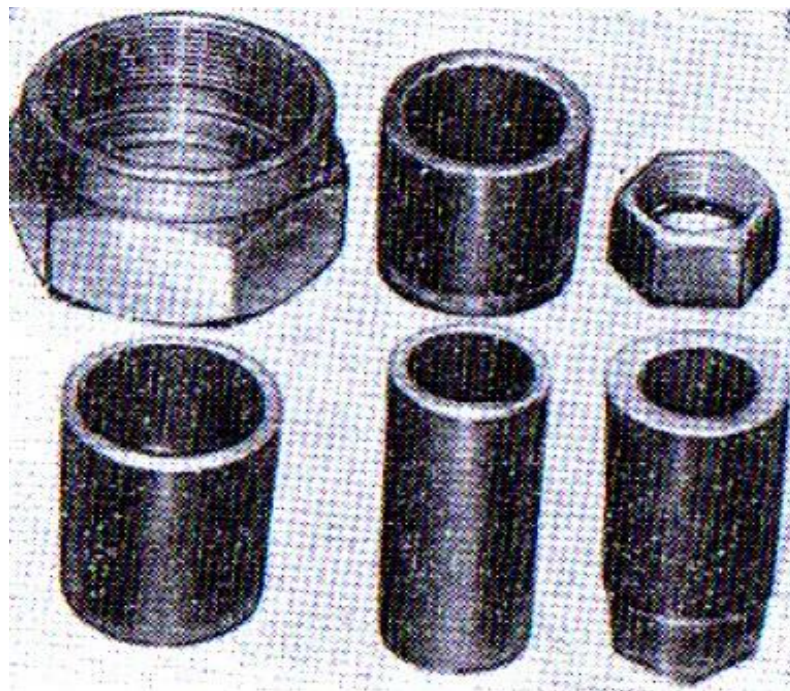


Рисунок 1.7 – Деталі, заготовки яких отримані зворотним способом
видавлювання

Операція видавлювання даним способом відбувається таким чином. На дно матриці кладуть плоску заготовку. Між пуансоном і матрицею є зазор, який рівний товщині стінок порожнистого виробу. Під тиском пуансона метал заготовки тече доверху між стінками матриці і пуансона. Видавлена деталь залишається на пуансоні і при зворотному його русі скидається за допомогою зйомника чи стиснутого повітря, яке поступає через пуансон. Для зменшення тертя пуансон має зворотній конус[16].

Зворотній спосіб видавлювання здійснюється на спеціальних кривошипних і шарнірно-важільних пресах великої потужності. Тиск, що розвивається, значно більший, ніж при прямому способі. Крім того, зі зменшенням товщини стінок виробу необхідний тиск збільшується обернено пропорційно цій товщині[17].

Порівняльний аналіз різних способів виконано в роботі [4], як найбільш перспективний спосіб отримання виробів холодним видавлюванням є холодне зворотне видавлювання з роздачою. Переваги використання цього методу представлені в роботі [5].

Застосування метода скінчених елементів (МСЕ) для теоретичного аналізу процесів холодного видавлювання дозволяє визначити дані для проектування технології і штампового оснащення, які не потребують доопрацювання експериментальними роботами [6,7].

Виходячи з графіка залежності стійкості деформуючого інструменту від питомих напружень на інструменті для процесу холодного видавлювання, який представлений на рис.1.1 за даними Я. М. Охріменка [12]. Можна досягти підвищує стійкість оснащення на третину (150 000 штампувань) за рахунок зниження питомих напружень. Таким чином, задача зниження питомих напружень на інструменті при ХВ набуває особливого значення з точки зору підвищення стійкості робочого інструменту та розширення номенклатури виробів, що можуть отримуватись ХВ[16].

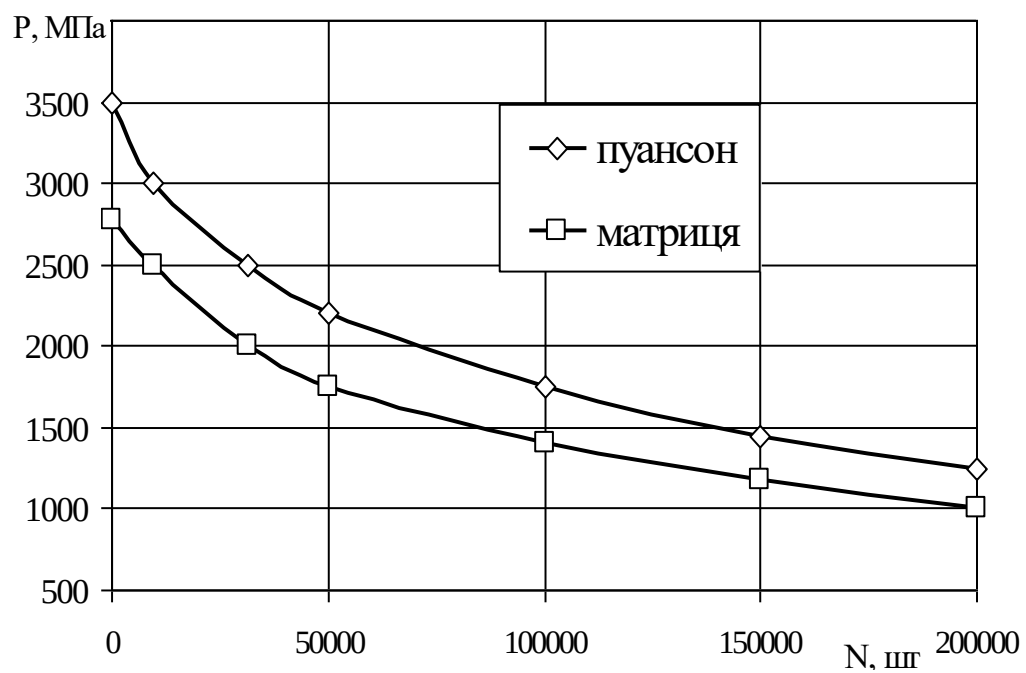


Рис.1.8.Вплив питомих напружень на стійкість пуансонів і матриць

Висновки

Виходячи з проведеного аналізу літературних джерел обираємо для дослідження відносно новий перспективний спосіб отримання порожнистих виробів - холодне зворотне видавлювання порожнистих виробів з роздачою. Для нього відсутні будь які рекомендації стосовно вибору конструктивних параметрів процесу для проектування технологічних процесів з раціональними параметрами. Тому в роботі розглянемо 2 питання:

1. Початкове розташування заготовки відносно матриці, та вплив його на параметри процесу зворотного холодного видавлювання з роздачою;
2. Вплив кута конуса матриці параметри процесу зворотного холодного видавлювання з роздачою.

3. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основними задачами теоретичних досліджень процесів зворотного видавлювання є визначення питомих зусиль та загального зусилля деформування , визначення напружено-деформованого стану та якості виробів , що отримуються .

Методика проведення експериментальних дослідів .

Метою експериментальних дослідів є дослідження впливу початкового положення заготовки та вплив кута конусу матриці на параметри процесу холодного зворотного видавлювання.

Експериментальні дослідження будемо виконувати для двох випадків:

1. Чисельно-експериментальне моделювання процесу зворотного видавлювання зі зменшенням питомого зусилля на деформуючому інструменті зі сталі 10 для дослідження впливу початкового впливу положення заготовки та впливу кута конусу матриці на кінцевий виріб та силові режими.
2. Експериментальне видавлювання сталі 10 ,метою якого є визначення експериментального значення питомих зусиль в залежності від кута конуса матриці та початкового положення заготовки .
3. Враховуючи отримані теоретичні залежності розподілу напружень і отримані значення питомих зусиль провести експериментальні дослідження з видавлюванням конструкційних металів з роздачою .

В роботі будемо використовувати скінченно-елементну програму DEFORM 2D/3D. Метал заготовок вважаємо пружно-пластичним зі зміцненням, деформуючий інструмент – абсолютно жорстким. Використання такої моделі металу дозволяє визначити кінцеві форму і розміри виробів, а також виконати моделювання процесів виймання пуансона із здеформованої заготовки та виштовхування її із матриці після видавлювання [20,18].

На рис.2.1 показано розрахункову схему процесу (де: 1- матриця, 2 – пуансон, 3 – виштовхувач, 4- заготовка). Вихідна заготовка із сталі 10

діаметром 50 мм та висотою 42,6 мм з наступними властивостями: умовна межа текучості , модуль Юнга [3] та коефіцієнт Пуассона 0,3, яка отримується різанням в штампах з прутка. Враховано вплив тертя по Кулону з коефіцієнтом тертя $\mu = 0,08$. Швидкість деформування складала $v = 2$ мм/сек. Висота на яку вступає заготовка з матриці h . Пуансон починає рухатися зі швидкістю V_0 (вихідне положення рис.1а). Після занурення пуансона в заготовку матриця починає рухатися з такою ж швидкістю що й пуансон, що дозволяє реалізувати схему зворотного видавлювання порожнистого виробу з роздачою.

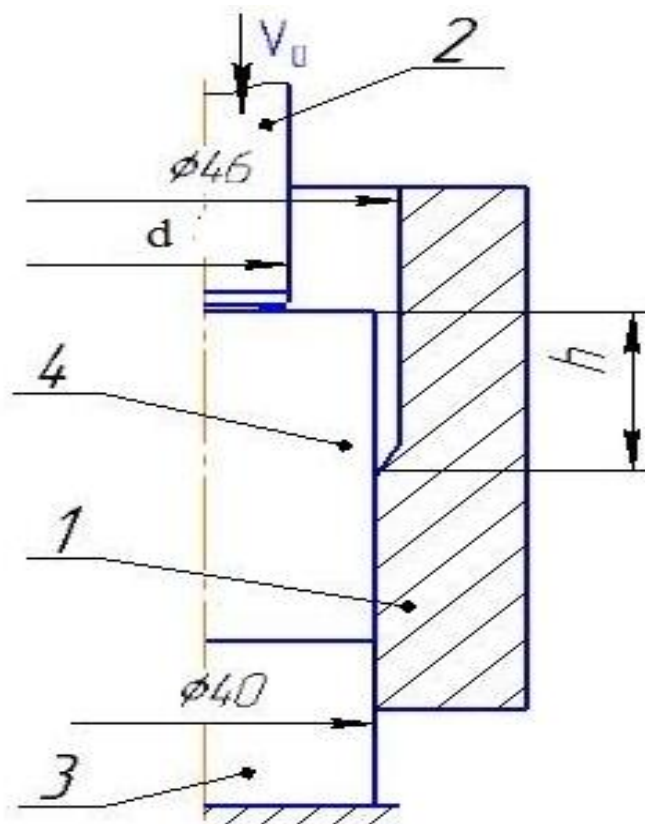


Рис. 2.1 Розрахункова схема зворотного видавлювання зі зменшенням питомого зусилля на деформуючому інструменті .

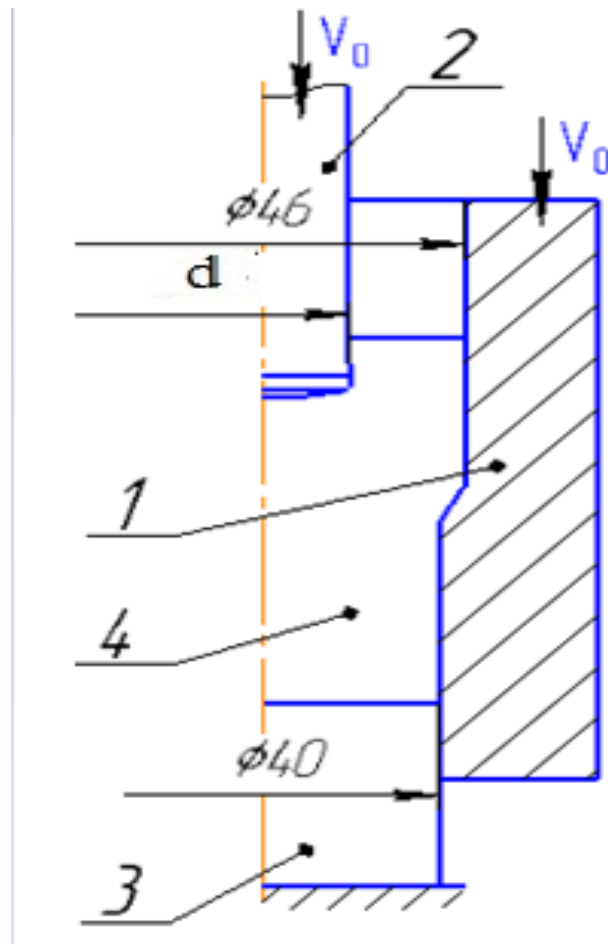
h - зміна висота положення заготовки відносно матриці;

d -діаметр необхідної порожнини заготовки .

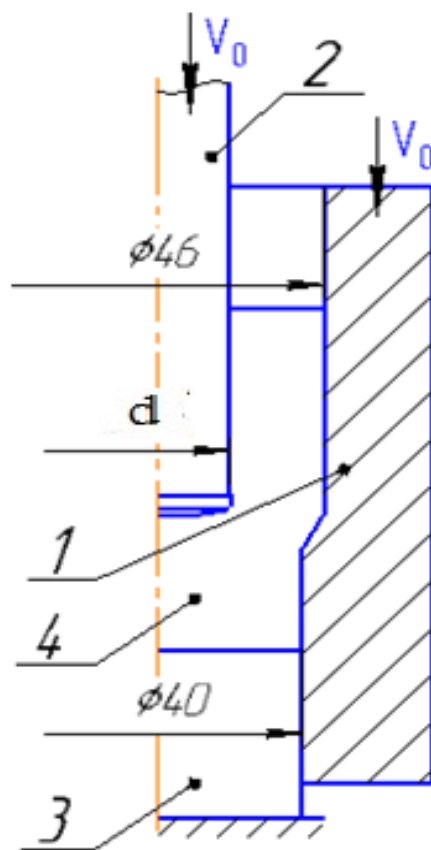
В табл. Приведено вихідні дані.

h	h2	h5	h8	h10	h15
dзаг.	40	40	40	40	40
hпол.	2	5	8	10	15

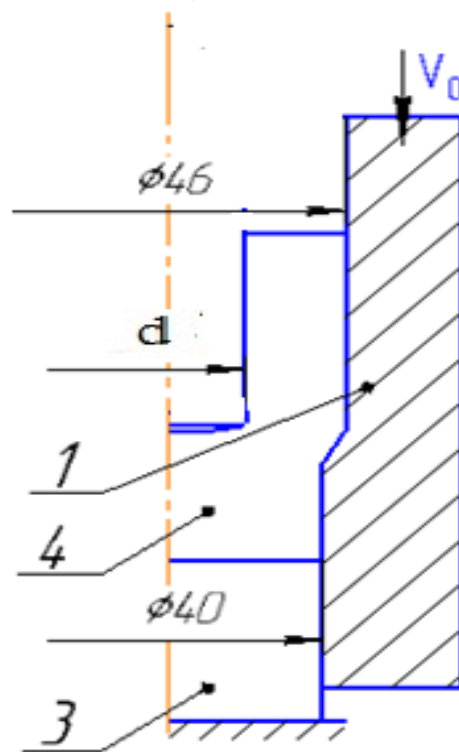
Покажемо схему процесу видавлювання на рис. 2.2



a)



6)



B)

Шляхом чисельного експерименту в програмному комплексі DEFORM-3D будемо проводити чисельні експерименти зворотного видавлювання порожнини з роздачою.

На рис. 2.3 показано етапи моделювання процесу від початку та до повного виймання заготовки з робочої зони матриці.

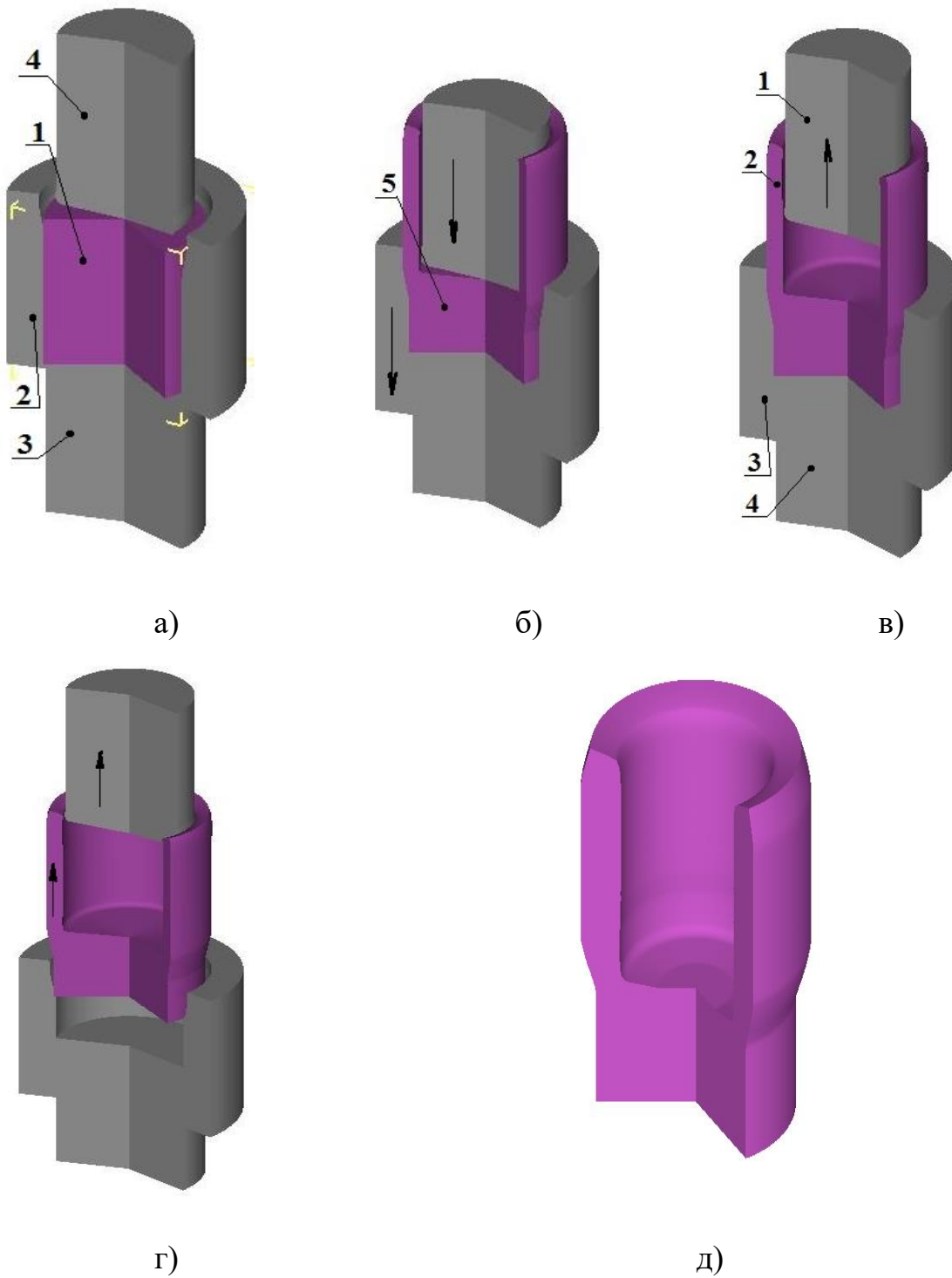


Рис. 2.3 Етапи моделювання процесу видавлювання порожнистих виробів

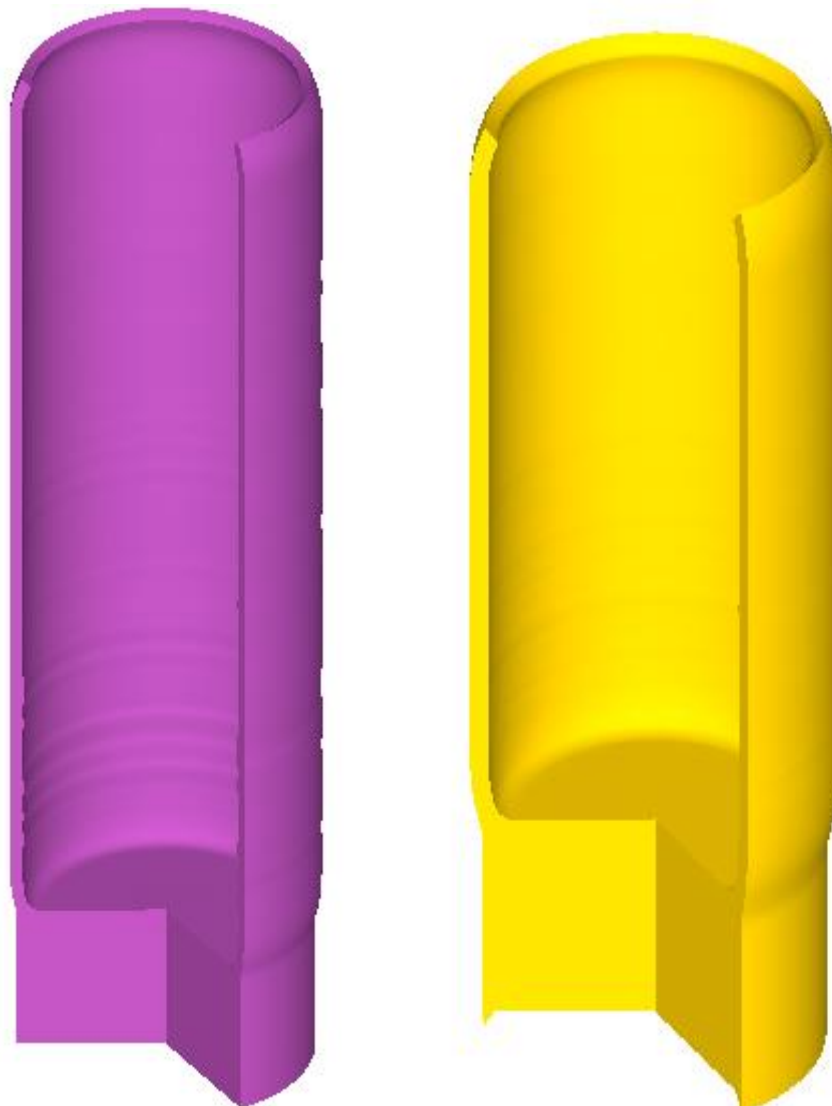
Моделювання виконували в пружно-пластичній постановці. На рис. 2.3.а зображена схема на початку зворотного видавлювання з роздачою. Заготовка 1 встановлена в матриці 2 на виштовхувачі 3. При переміщенні пуансона 4 виконується формоутворення виробу 5 (рис. 2.3.б).

Моделюванням для кожної схеми видавлювання з різним розташуванням заготовки відносно матриці встановлена послідовність видалення готових виробів із матриць після видавлювання. Наявність пристрою в штампі для знімання виробу із пуансона визначаємо моделювання процесу виймання пуансону з заготовки. На рис. 2.3.в наведене положення виймання пуансону з виробу. Після зворотного видавлювання з роздачою, при русі пуансона 1 вгору, виріб 2 спочатку залишається в матриці до тих пір поки калібруючий пояс торця пуансона торкнеться торця виробу (рис. 2.3.в). При подальшому переміщенні пуансона 1 виріб 2 залишається на пуансоні і повністю виходить із матриці (рис. 2г). Готовий виріб наведено на рис. 2.3.д.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ХОЛОДНОГО ЗВОРОТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ЗІ ЗМЕНШЕННЯМ ПИТОМОГО ЗУСИЛЛЯ НА ДЕФОРМУЮЧОМУ ІНСТРУМЕНТІ.

3.1 Вплив початкового положення заготовки на процес холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів .

Відповідно до поставлених задач було здійснено за допомогою програмного забезпечення DEFORM-2D чисельне моделювання холодного зворотного видавлювання порожнистих деталей зі сталі 10 традиційною схемою . В першому випадку для отримання результату необхідна заготовка діаметром 40 мм , це значення не змінюється протягом всього дослідження .



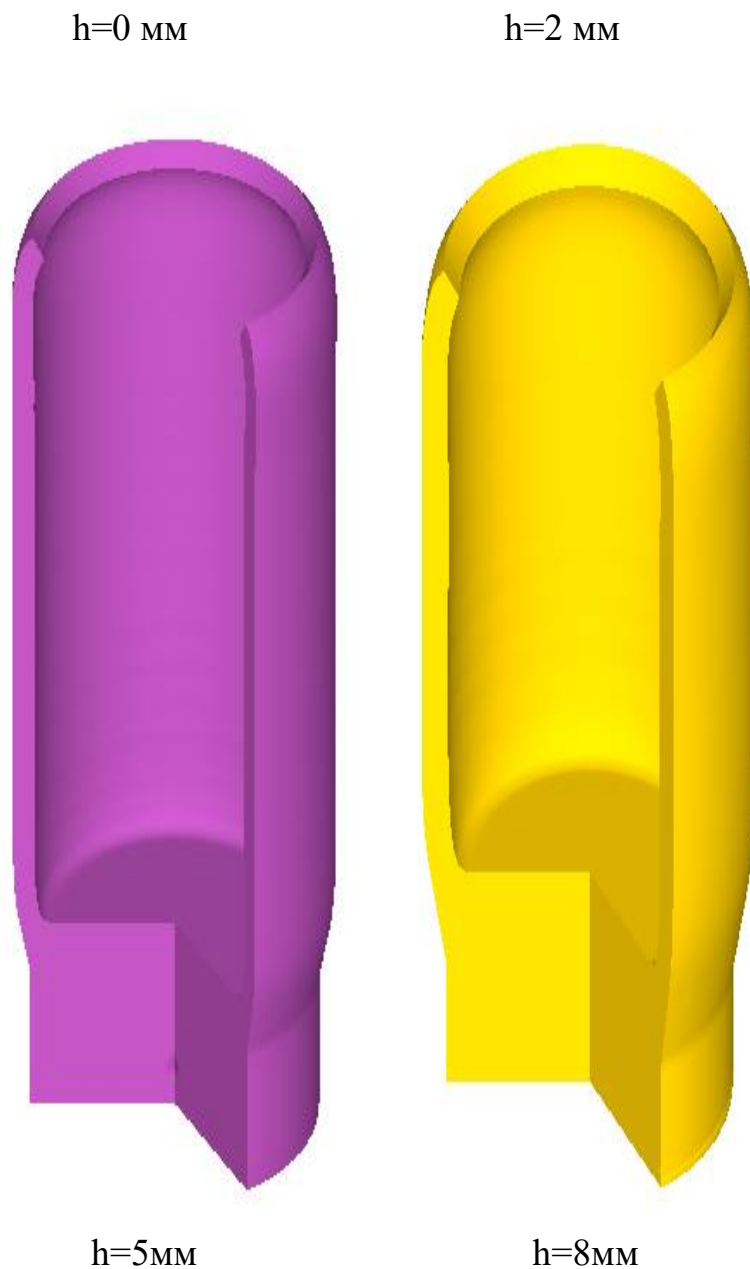


Рис.3.1 Приклади заготовок отриманих в результаті дослідження з різними висотами .

На рис. 3.1 наведені zdeформовані заготовки , які отримані зворотним видавлюванням з різним положенням заготовки відносно матриці .

Спостерігаємо , над тим , що чим менша висота положення заготовки відносно матриці , тим більше зусилля видавлювання .

3.1.1 Силкові режими впливу початкового положення заготовки на зменшення питомого зусилля на деформуючому інструменті.

На рис 3.2 приведені залежності зусилля видавлювання від переміщення пуансона. Максимальне зусилля видавлювання 4650 кН. Середні зусилля видавлювання на пуансоні відповідно мають значення 1550 МПа.

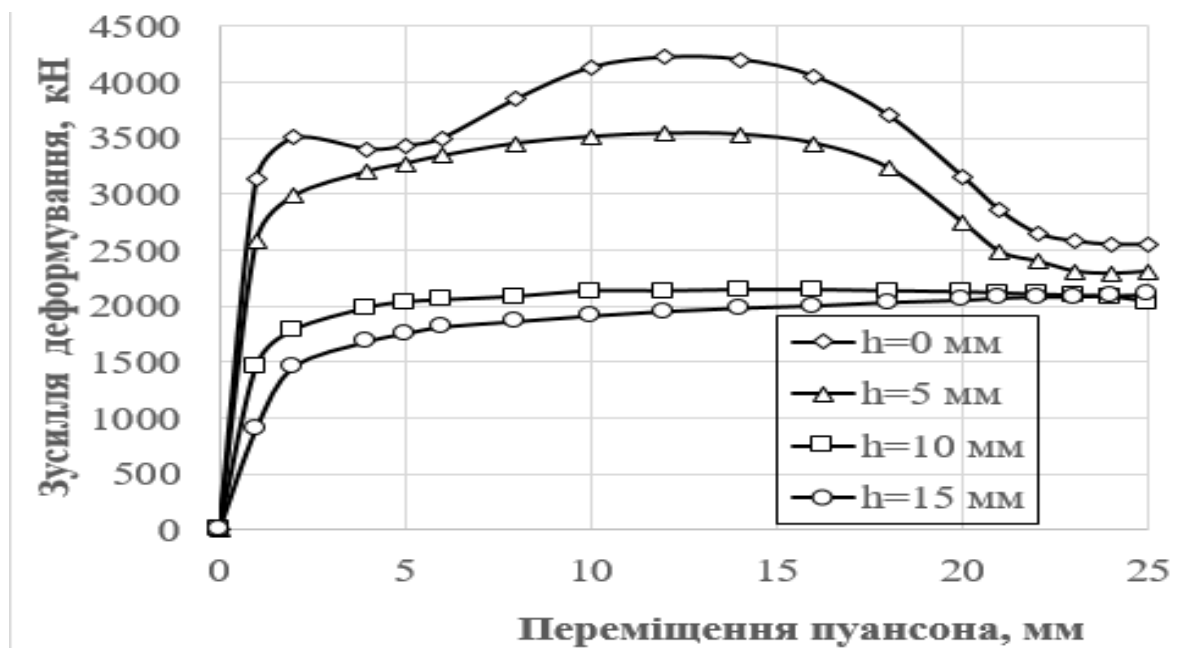


Рис. 3.2 Залежність зусилля деформування від переміщення пуансону

Для визначення впливу початкового положення заготовки на силкові режими, питомі зусилля, напружено-деформований стан та на кінцеву форму виробу було виконано моделювання процесу в програмі DEFORM-3D.

Збільшення висоти заготовки відносно матриці призводить до зменшення питомого зусилля на деформуючому інструменті. Прослідковуємо залежність від зусилля деформування та переміщення пуансону відносно заданих положень [22].

Розглянемо напружено-деформований стан для заготовки з різними дослідженими висотами відносно матриці.

Почнемо з розподілу нормального напруження на заготовку в процесі холодного видавлювання. Розподіл нормального напруження по поверхні заготовки характеризує в першу чергу стійкість інструменту .

З гіпотези плоских перерізів необхідно: всі поздовжні волокна стрижня деформуються однаково. Тому можна вважати, що при розтягуванні (стисканні) напруження у всіх точках поперечного перерізу стрижня однакові і спрямовані по нормалі до перетину. Такі напруги, як уже зазначалося, називаються **нормальними напруженнями** [24].

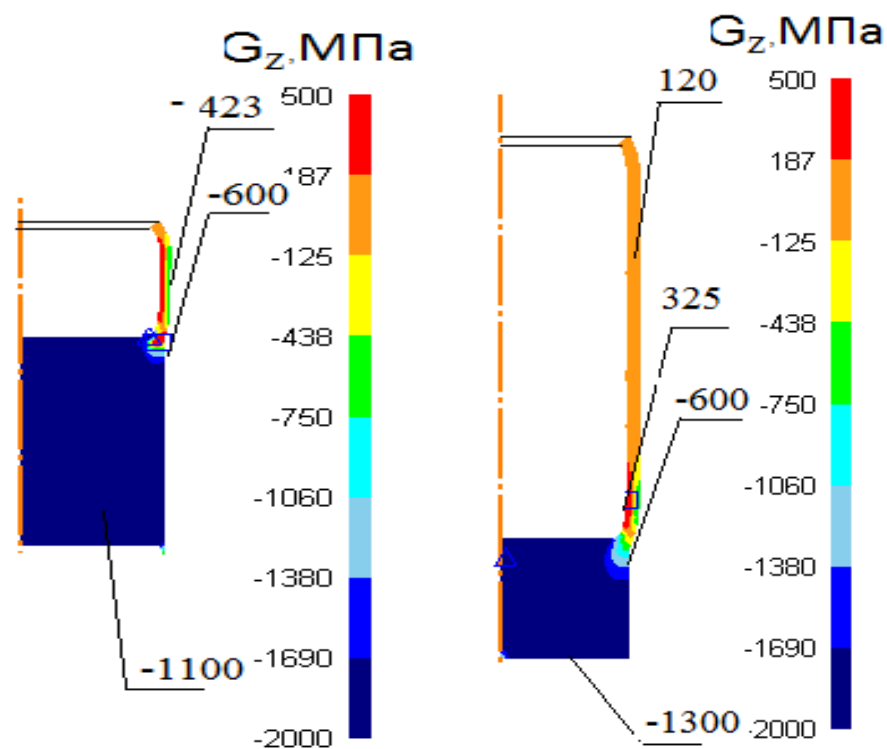
З вищевикладеного випливає формула нормальних напружень при розтягуванні (стисканні):

$$\sigma_z = N/F$$

де N - поздовжнє зусилля, що виникає в даному поперечному перерізі стержня, а F - площа цього поперечного перерізу[23].

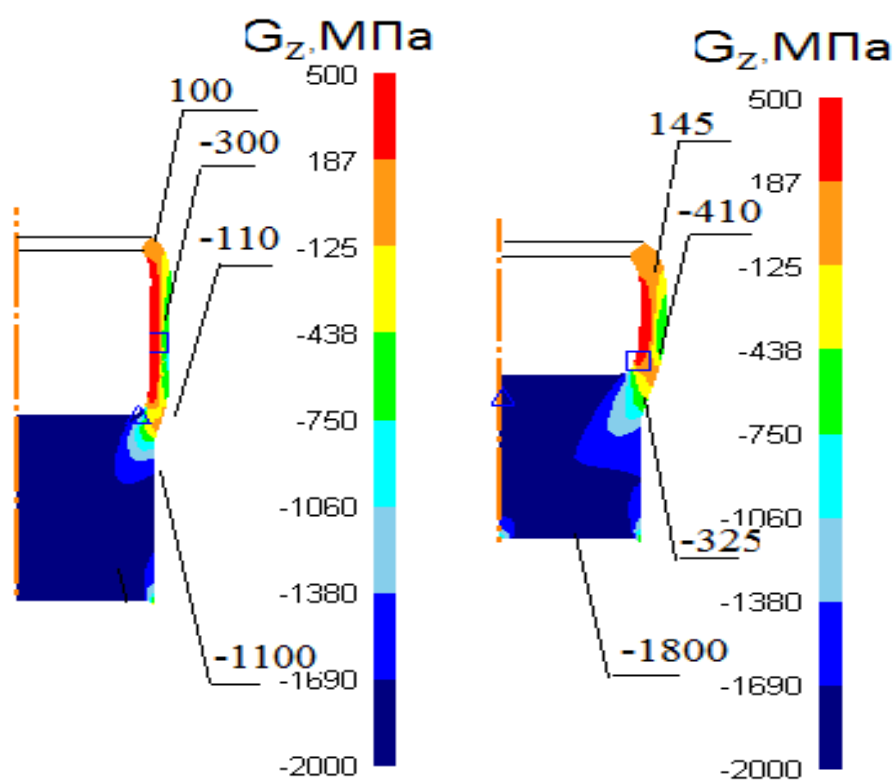
Правило знаків для нормального напруги (зображення Нормальні напруги формула спрямують), як і для поздовжньої сили (N): при розтягуванні нормальне напруження вважається позитивним, а при стисненні - негативним[25].

Розглянемо розподіл нормального напруження для різного положення заготовки відносно матриці :

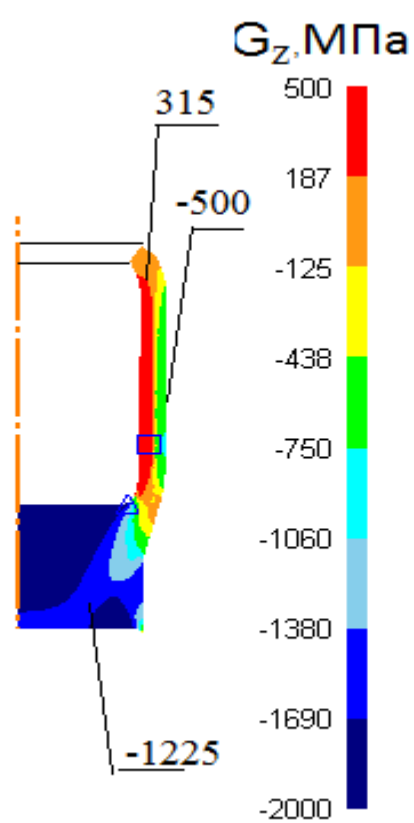


$h=0$ mm

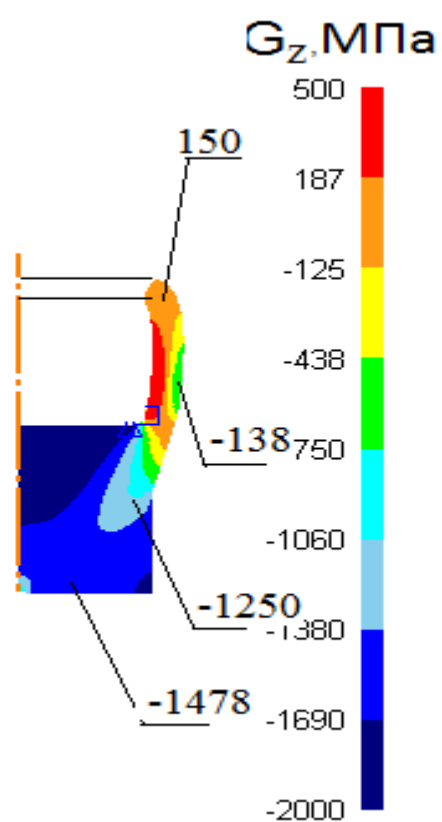
$h=2$ mm



$h=5\text{mm}$



$h=8\text{mm}$



$h=10\text{mm}$

$h=12\text{mm}$

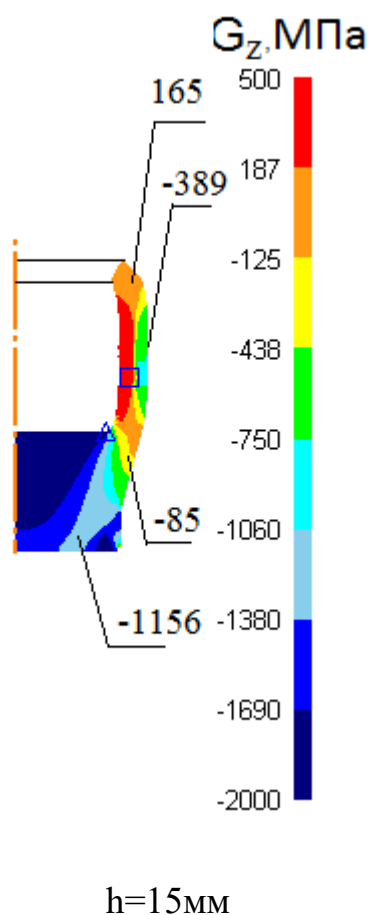


Рис.3.3 Розподіл нормального напруження в об'ємі zdeформованої заготовки для різних положень заготовки відносно матриці

Аналізуючи сучасний рівень технологій виготовлення деталей циліндричної форми серійного виробництва і питання забезпечення стійкості штампового інструменту необхідно відмітити, що розробка нових технологій обробки важко-деформуючих матеріалів, що покращують експлуатаційні характеристики виробів, методів розрахунку, що дозволяють прогнозувати силові параметри і формовані механічні властивості, а також визначати стійкість інструменту з урахуванням реальних властивостей матеріалу і режим термосилового вантаження, є актуальні для машинобудування, дозволяючий розв'язав великий науковий проблема створення новий технологічний процес виготовлення вісесиметричних виробів серійного виробництва при зменшенні трудомісткість і зниження собівартість їх виготовлення [26].

При збільшенні висоти початкового положення заготовки $h=12$ мм , спостерігаємо збільшення питомих напружень в 1,5 -2 рази . При $h=5$ мм , та $h=8$ мм, спостерігаємо зменшення питомих напружень . Нижче представлений графік залежності нормального напруження від початкового положення заготовки :

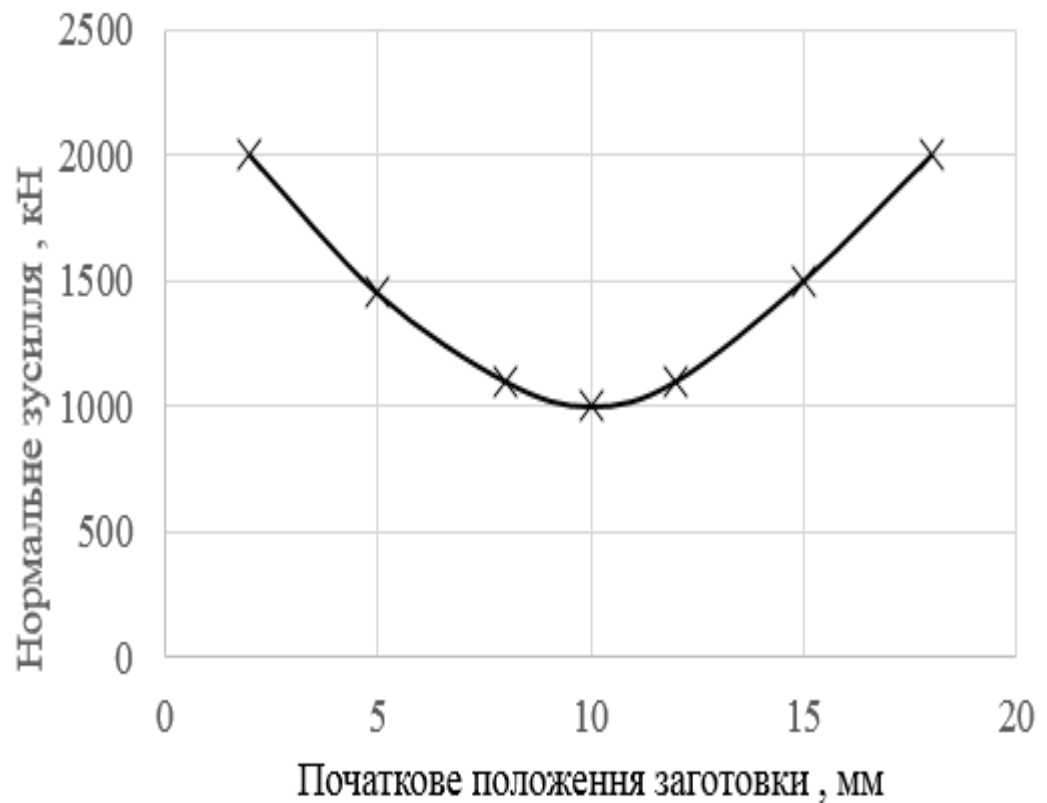


Рис. 3.4 Залежність нормального зусилля від початкового положення заготовки відносно матриці.

Також , розглянемо деякі фактори , які впливають на стійкість інструменту :

Основні шляхи підвищення стійкості деформуючого інструменту

Конструкційні	Технологічні	Експлуатаційні
Раціональний вибір марки інструментного матеріалу	Застосування методів пластичного деформування і лиття при отримання заготовок інструмента із сталі	Технічні спостереження за виглядом обладнання та інструменту . Раціональне рішення питання заміни та настройки інструмента
Застосування збірних конструкцій інструменту	Покращення методів механічної обробки	Раціональний вибір технології виготовлення деталей , вибір характеристик деформуючого металу і підготовка його до обробки
Оптимізація геометричних розмірів	Раціональний вибір варіантів термічної обробки і хіміко-термічної обробки	Раціональний вибір СОЖ , Змащення та охолодження
Застосування системи САПР при проектуванні	Зміцнення поверхні робочого інструмента	Відновлення інструменту
Уніфікація і стандартизація інструменту	Застосування методу контролю і дослідження інструменту після обробки	

Рис.3.4 Основні шляхи підвищення стійкості деформуючого інструменту

Матеріали деформуючого інструменту значною мірою визначають його стійкість. В той же час застосування дорогих матеріалів різко збільшує витрати на інструментальне оснащення і собівартість готового виробу, тому вибір матеріалу слід проводити з урахуванням усіх особливостей цього процесу [28].

Під збірною конструкцією інструменту розуміють:

- армування найбільш тяжелонагружених робочих зон інструменту більше зносостійкими, ніж гравюра, матеріалами;
- бандажування деформувального інструменту з метою формування сприятливої схеми напруженого стану при роботі [31].

Підвищення ефективності бандажування досягається за рахунок застосування міцніших матеріалів бандажних кілець, методів термічної, хіміко-термічної обробки і зміцнення поверхонь сполучення, підвищення величини натягу за рахунок використання вставок з окремих пришліфованих один до одного клинів, які у зборі запресовуються у бандаж, і бандажування навивної стрічки дротом в напруженому стані. Останнє порівняно з бандажуванням кільцями має ряд таких переваг, як менша загроза розриву при великій нарузі, більше рівномірний розподіл напруги з максимальною напругою в крайніх витках обмотки, можливість, більшої кількості змін інструменту, що бандажується [30].

Розглянемо критерії руйнування матеріалу. Почнемо з загальних відомостей. Загальним для критеріїв є те, що утворення тріщин і наступне руйнування матеріалу при металообробці відбувається під дією напруг, що розтягують. Ця теорія є головною при розрахунку граничного деформування металу. Особливо це має значення для холодного зворотного видавлювання із сталі та характеризується дією прикладеної напруги розтягу [33].

Однією з задач досліджуваної роботи полягає в виборі прийняттого критерію руйнування для визначення граничного ступеня деформації і визначення його допустимого значення.

- розрахункове значення критерію руйнування має найбільшу збіжність з тестовими результатами випробувань;
- критерій простий і зручний для розрахунку, а також реалізований в багатьох програмних когось комплекси, в тому числі і в DEFORM [18].

Недоліком критерію руйнування є те, що він не враховує позитивний вплив стискаючих напруг в схемі напруженого стану та вплив знакозмінної деформації не враховує [19].

Критерій руйнування заснований на оцінці повної роботи деформації на одиницю об'єму в точці руйнування [33].

$$C = \int^{\varepsilon} \frac{\sigma}{\sigma^*} d\varepsilon$$

Графічно це виражається, як площа під кривою залежності відносно максимального головного напруження до еквівалентного напруження по Мізесу в залежності від ступеня накопленої деформації [34].

Після проведення випробувань на «реальних» зразках, аналогічні випробування проводяться методом комп'ютерного моделювання (CAD моделях) в програмному середовищі, заснованій на кінечно -елементних моделях. Результати моделювання даного процесу методом кінцевих елементів зіставляються з результатами випробувань, отриманими при тестах на розтягнення. Це прослідковується в роботі [1,2,3]

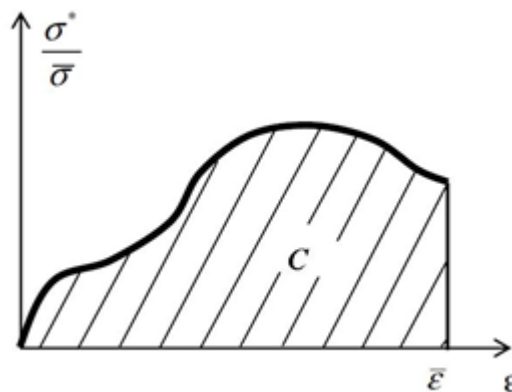
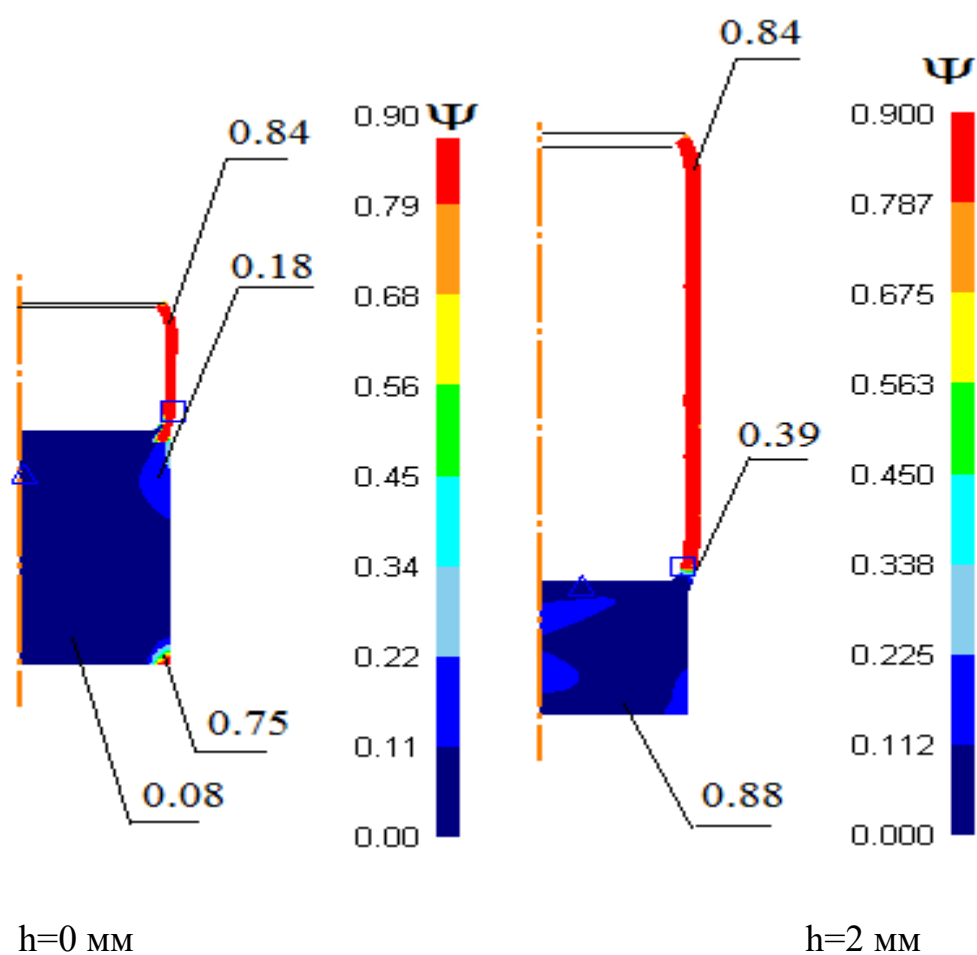
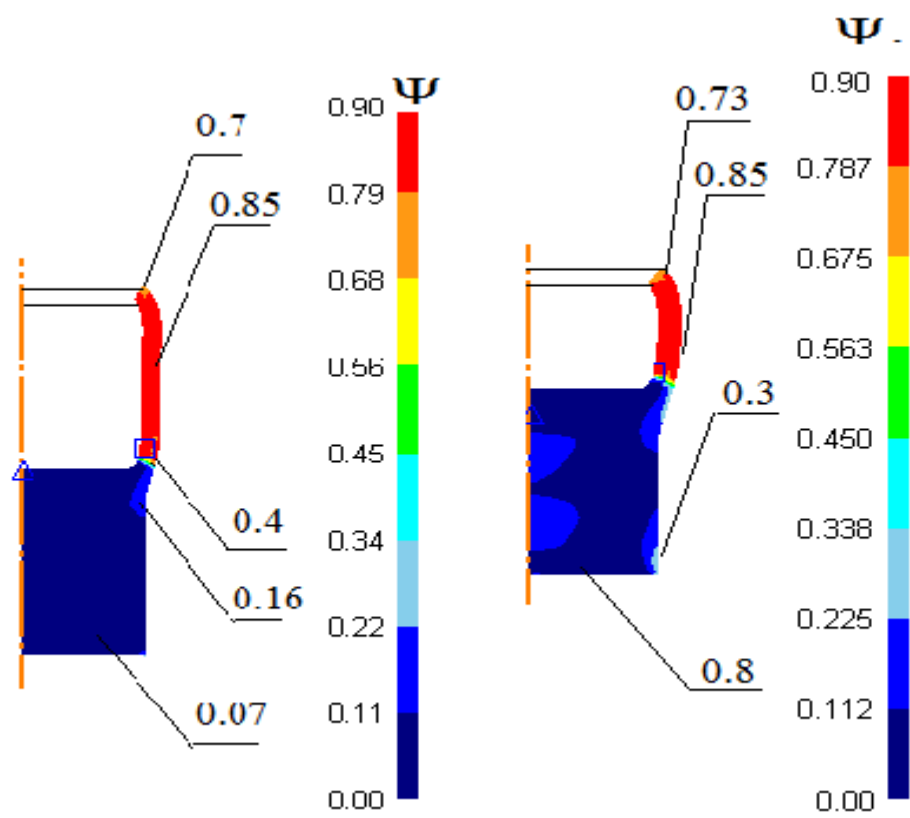


Рис. 3.5 Залежність результатів на розтягнення

Перейдемо до того , як критерій руйнування вплинув на деформації заготовки . Розглянемо результати даних виведених з програмного забезпечення DEFORM на основі дослідження відносно різних точок положення .





$h=5$ mm

$h=8$ mm

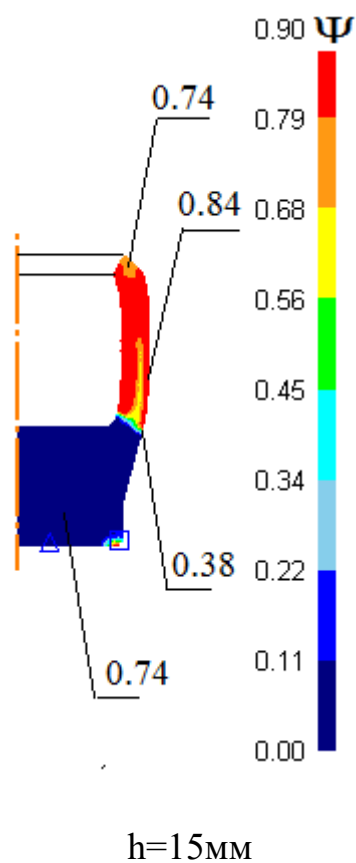
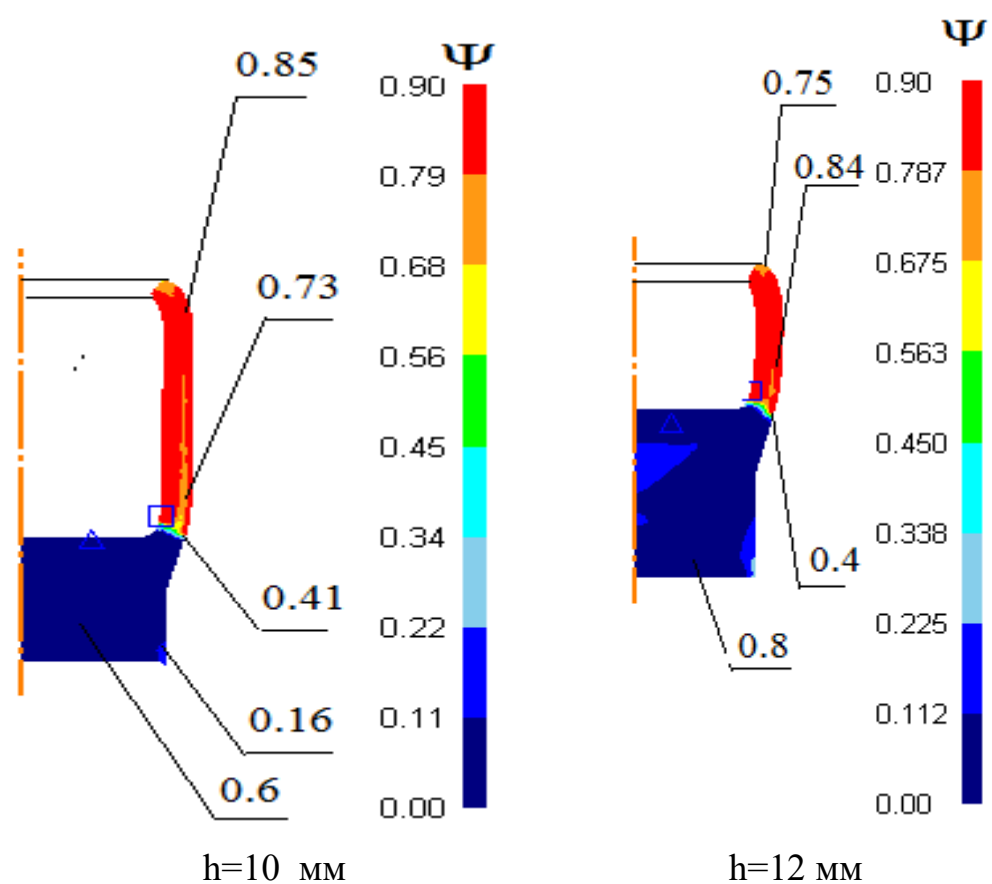


Рис.3.6 Розподіл критерію руйнування по всьому об'єму заготовки

Таким чином, при комп'ютерному моделюванні процесу розтягування критичне значення ступеня деформації можна встановити, виробляючи розтягнення до таких значень, при яких відбулося руйнування натурних зразків[39].

Приведено таблицю як приклад поетапного проведення перевірки матеріалу на руйнування та для визначення границь критерію руйнування.



Рис. 3.7 Етапи перевірки зразків на руйнування

Висновки

1. При збільшенні висоти початкового положення заготовки зменшується зусилля деформування за рахунок зміни напружено-деформованого стану в осередку деформації.
2. Питомі напруження на інструменті σ_z досягають максимального значення при висоті від 0 до 5 мм та від 12 мм.
3. Ступінь використання ресурсу пластичності досягає максимальних значень від 0 до 5 мм та від 12 мм.
4. При малих висотах можна спрогнозувати руйнування стінки заготовки за рахунок мінімальної роздачі стінки.
5. При значеннях 5 мм та 8 мм спостерігаємо зменшення питомих зусиль на інструменті .

3.2

Вплив кута конуса матриці на процес холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів

З використанням методу скінченних елементів (МСЕ) раціональної формозміни металу визначаємо силові режими , напружено –деформований стан заготовки в процесах холодного зворотного видавлювання зі зменшенням питомих зусиль на деформуючому інструменті [38]

Дослідження напружено-деформованого стану в процесах холодного зворотного видавлювання . В основу математичної моделі несталої стадії процесу покладені гіпотези теорії течії з ізотропним зміцненням . Як апарат чисельного моделювання застосований метод кінцевих елементів .

Вплив кута конуса матриці на процес видавлювання було дослідження в роботі . Розглядається зв'язок між параметрами матриці та силовими характеристиками процесу видавлювання [41].

Для аналізу ушкоджень і руйнування виробів при холодному зворотному видавлюванні було використано МСЕ. Процес руйнування в таких процесах , як холодне зворотне видавлювання МСЕ для випадку деформацій з використанням модефікованого рівняння пластичного потенціалу .

Параметри моделі визначали експериментально та з використанням МСЕ для циліндричних заготовок і розтягання зразків .

Досліджено вплив кута конуса матриці при прямому видавлюванні за допомогою МСЕ в пружно-пластичній постановці. Виявлено розподіл пружних та пластичних зон в заготовці[24].

За допомогою МСЕ провели аналіз розподілу напружень на поверхнях заготовки та робочих інструментах .

Досліджено вплив холодної деформації, кута конуса матриці на питоме зусилля процесу видавлювання та якість заготовок . Установлено , що для сталі 10 оптимальними є ступінь деформації 30-40% та кут конуса 30-45 °.

Об'ємний напружено-деформований стан заготовки визначався в пластичній постановці з урахуванням всіх параметрів на формозміну металу.

Для зворотного видавлювання проведено вивчення впливу кута конусу матриці та діаметра вихідної заготовки на зміну металу , силові режими , питомі зусилля та напруження деформований стан заготовок .

На рис .розглянуто розподіл інтенсивності деформації і значення критерію руйнування для заготовки з параметрами D=50 мм і висотою 42,6 мм .

Представлено результати для різних кутів конуса матриці відносно вибраних на основі досліджень початкових положень заготовки відносно матриці , тобто 5мм та 8 мм.

Розглянемо виникаючі зусилля видавлювання , витягування та знімання
Табл. 3.1 та Табл 3.2

α,град	5°	10°	25°	30°	45°
Рвидавл.	2700кН	3100кН	1900кН	1800кН	1600кН
Рвиймання	100кН	300кН	150кН	100кН	50кН
Рвиталк.	200кН	350кН	150кН	100кН	75кН

Табл. 3.1 Виникаючі зусилля для висоти початкового положення 5 мм

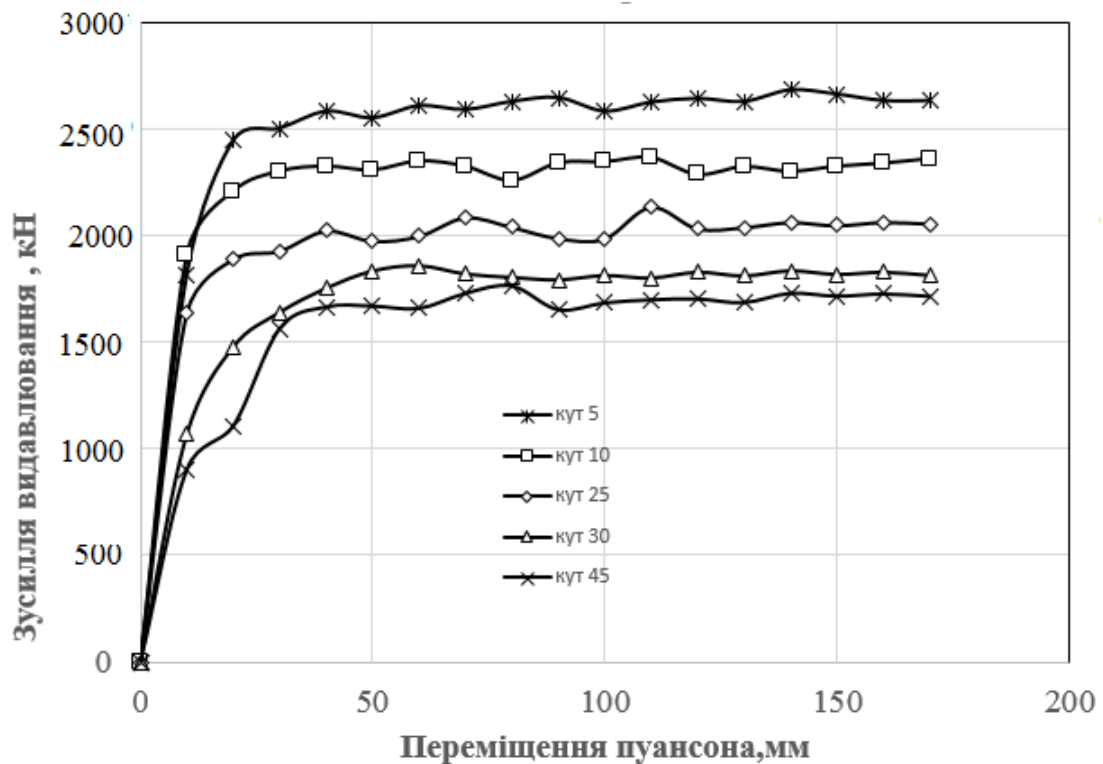
α,град	5°	10°	25°	30°	45°

Рвидавл.	2300кН	2100кН	1900кН	1800кН	1600кН
Рвиймання	350кН	250кН	175кН	150кН	50кН
Рвиталк.	300кН	200кН	175кН	125кН	75кН

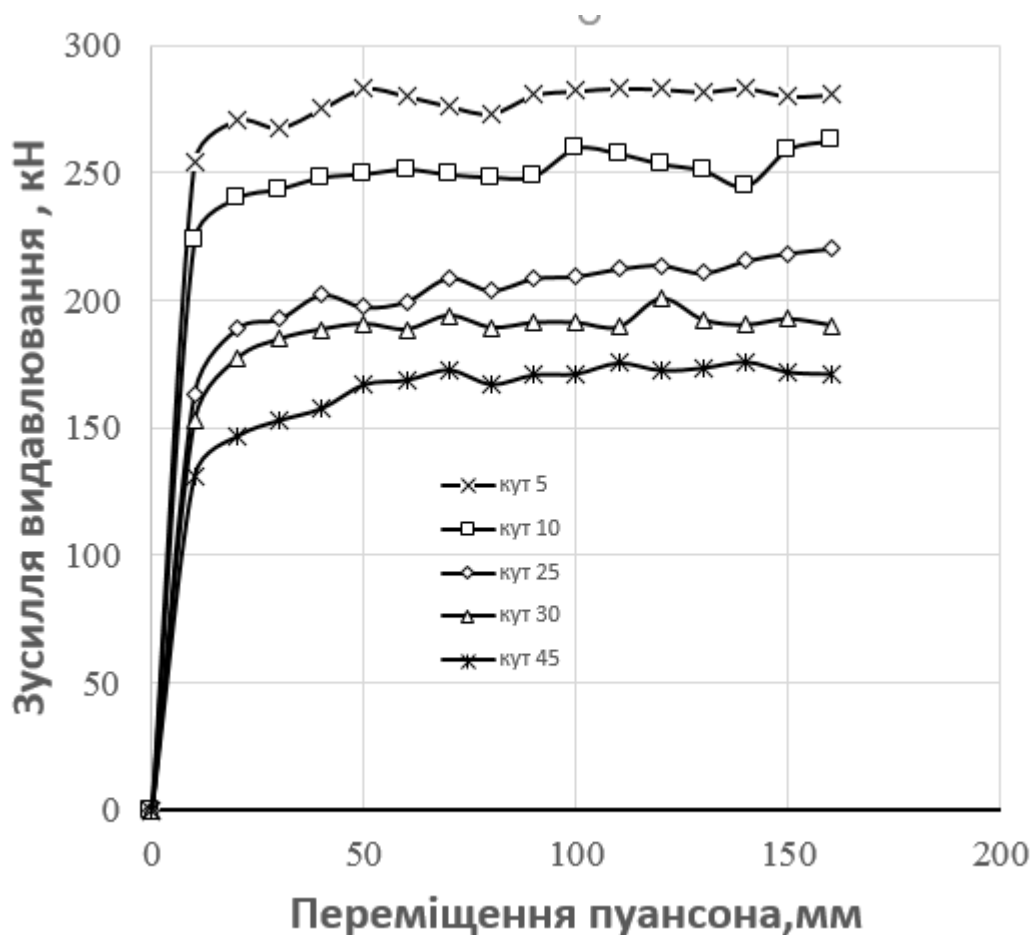
Табл. 3.1 Виникаючі напруження для висоти 8 мм почтакового положення заготовки відносно матриці

Прослідковуємо тенденцію , чим менше кут конуса матриці тим більше зусилля , яке виникає .

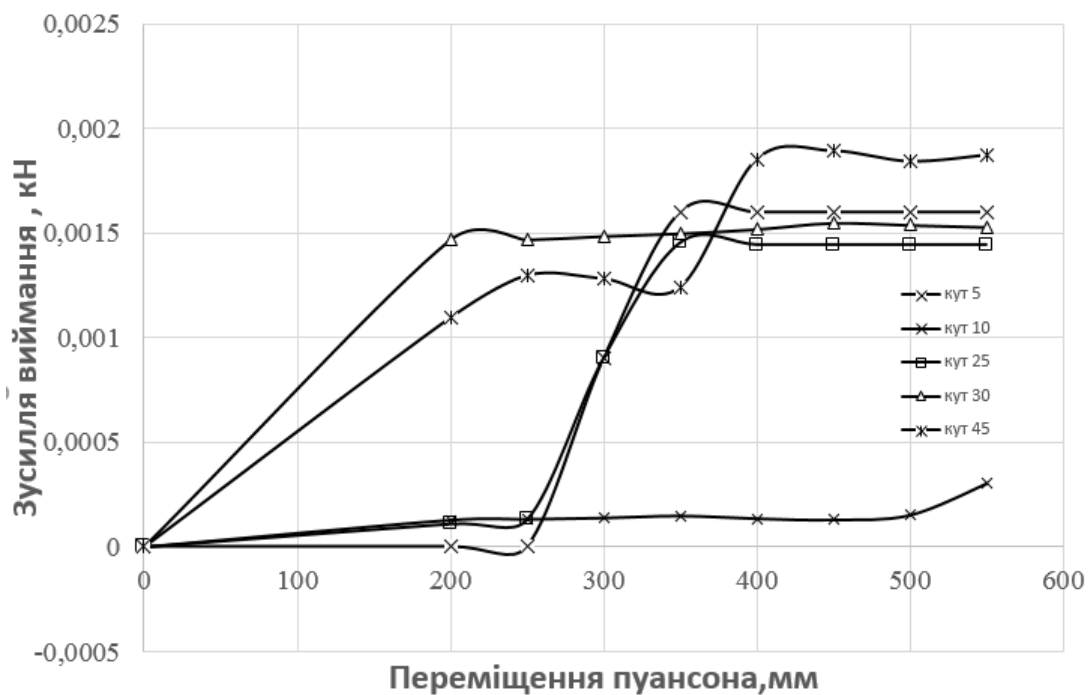
Розглянемо графіки для кожного процесу окремо. Спочатку для зусилля видавлювання :



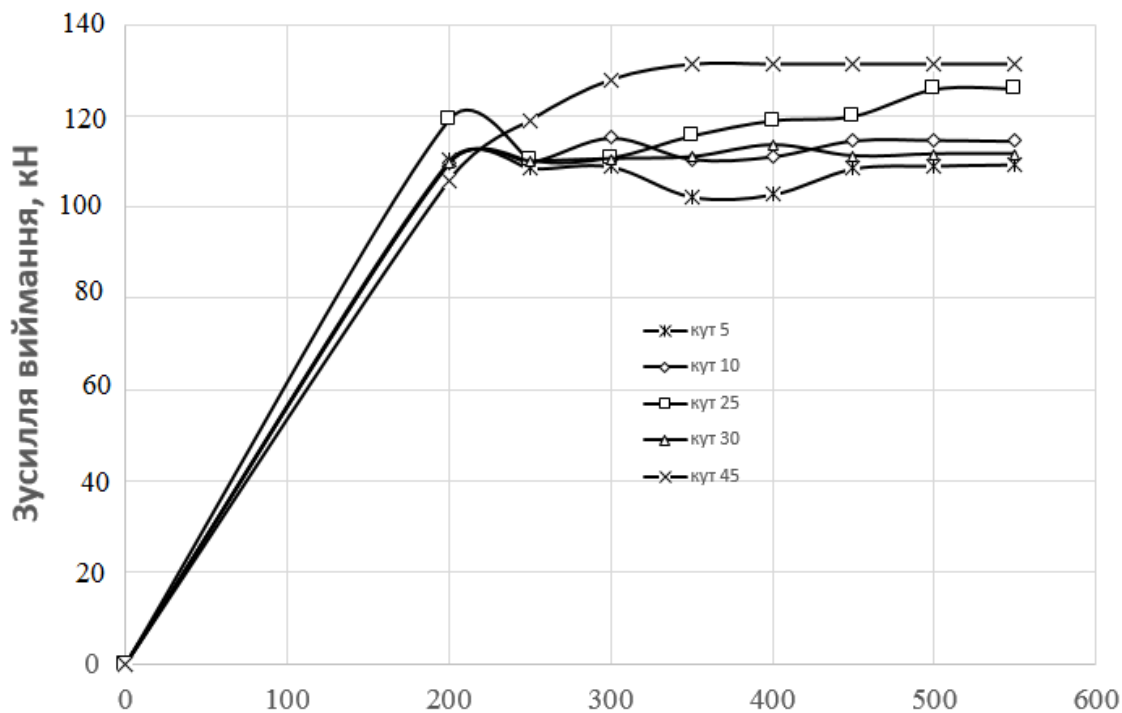
Графік 3.1 Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансона для різних кутів конуса матриці положення заготовки 8 мм відносно матриці.



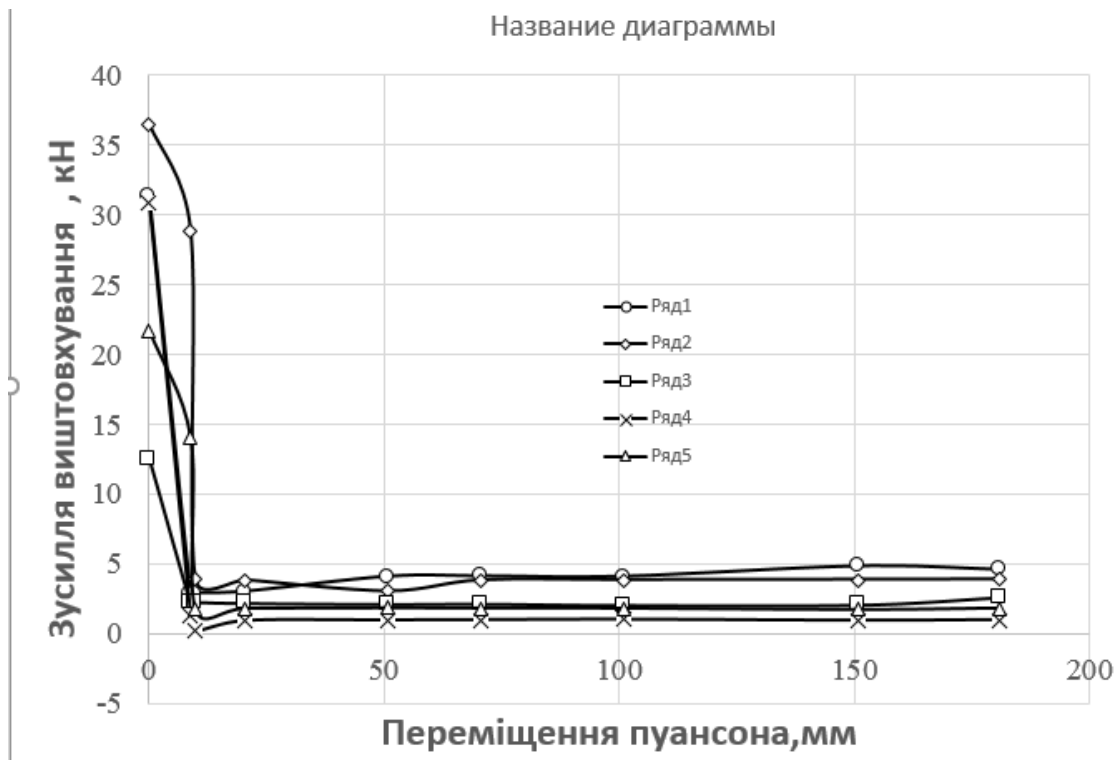
Графік 3.2 Залежність зусилля видавлювання від переміщення пуансону для різних кутів конуса матриці положення заготовки 5 мм відносно матриці.



Графік 3.3 Залежність зусилля виймання від переміщення пуансону для різних кутів конуса матриці положення заготовки 8 мм відносно матриці .



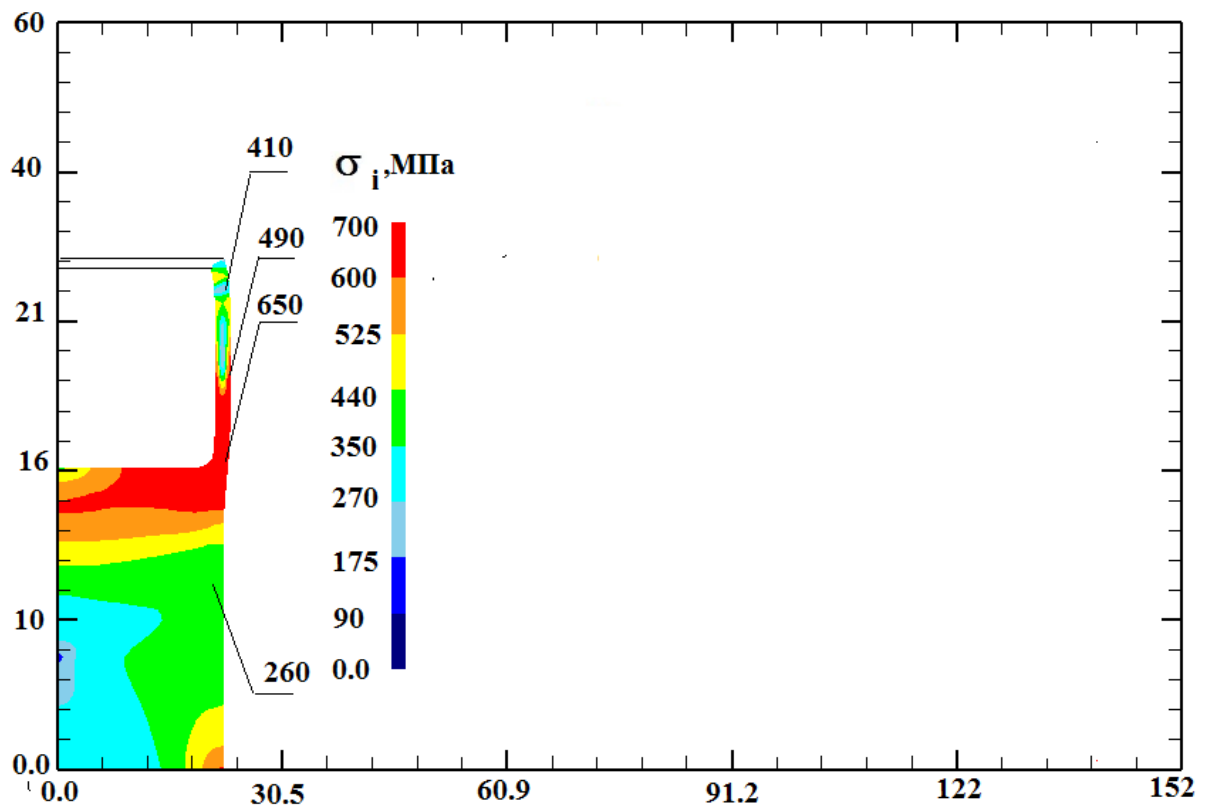
Графік 3.4 Залежність зусилля виймання від переміщення пуансону для різних кутів конуса матриці положення заготовки 5 мм відносно матриці.

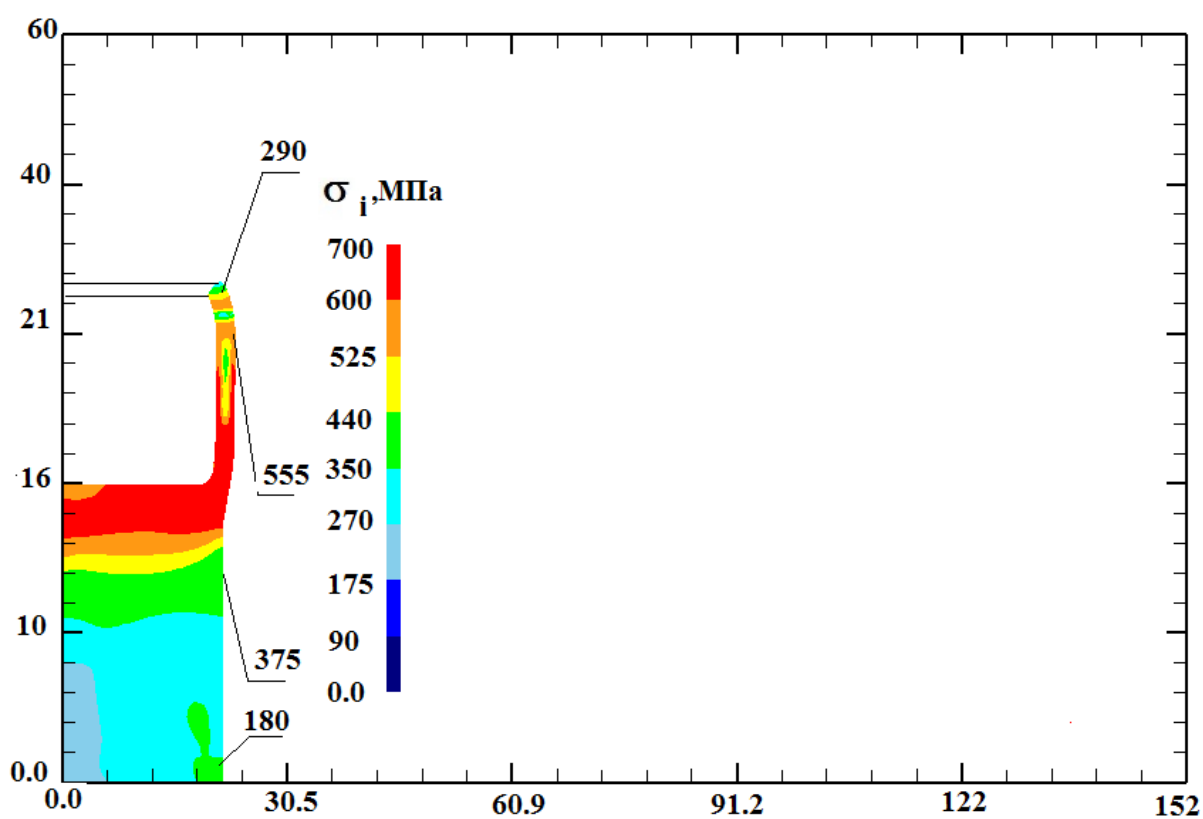
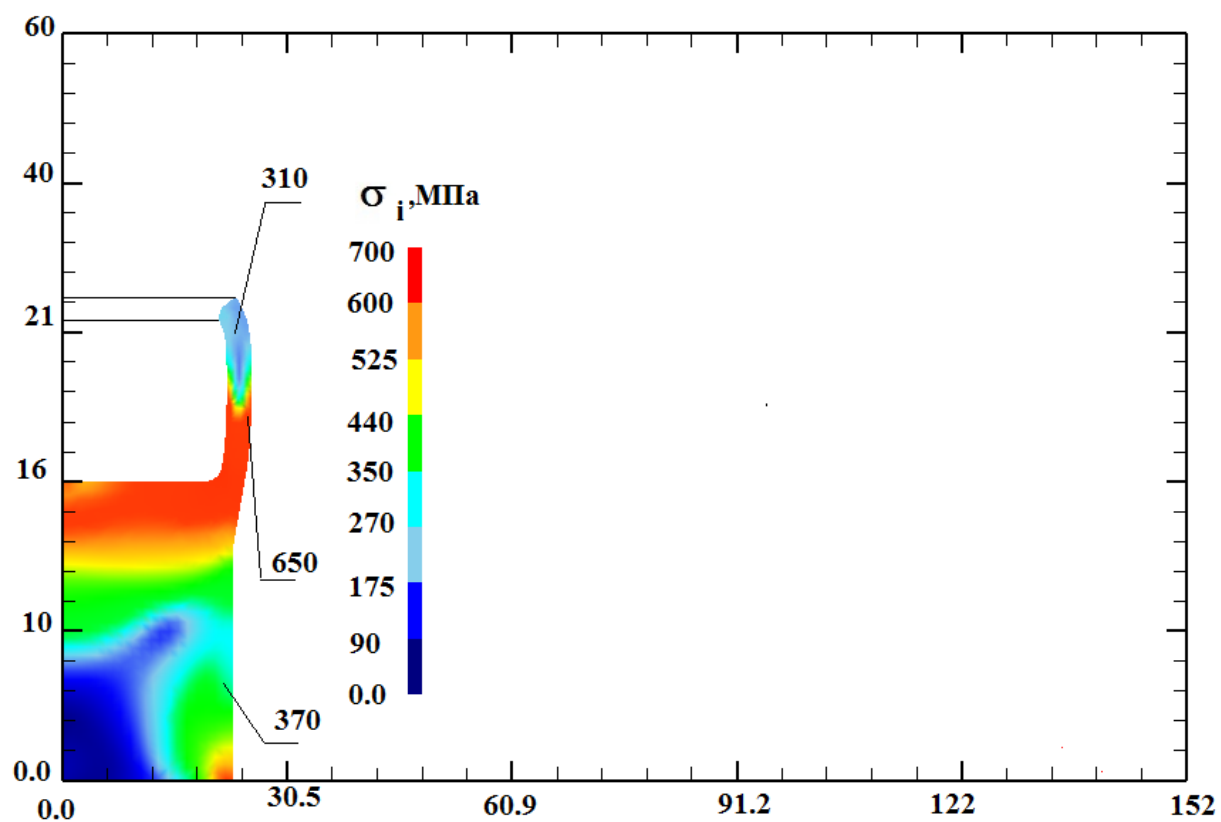


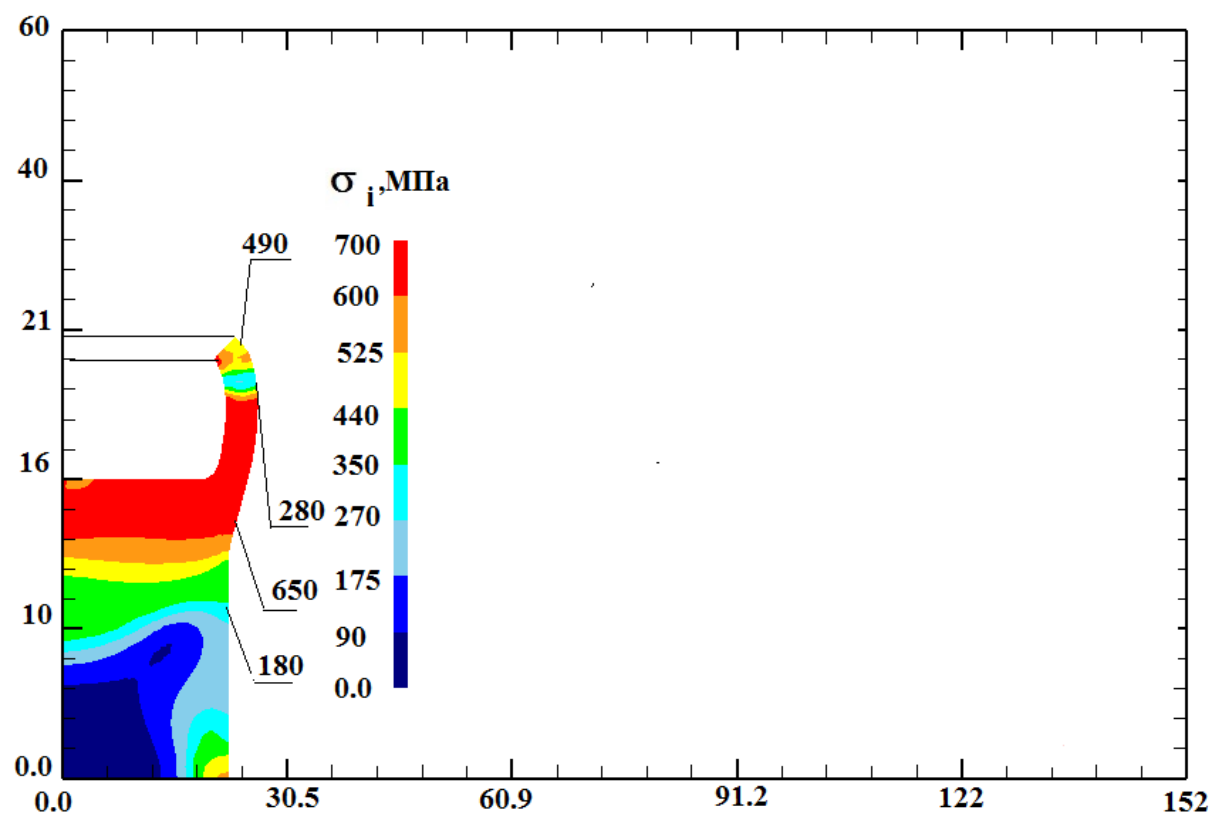
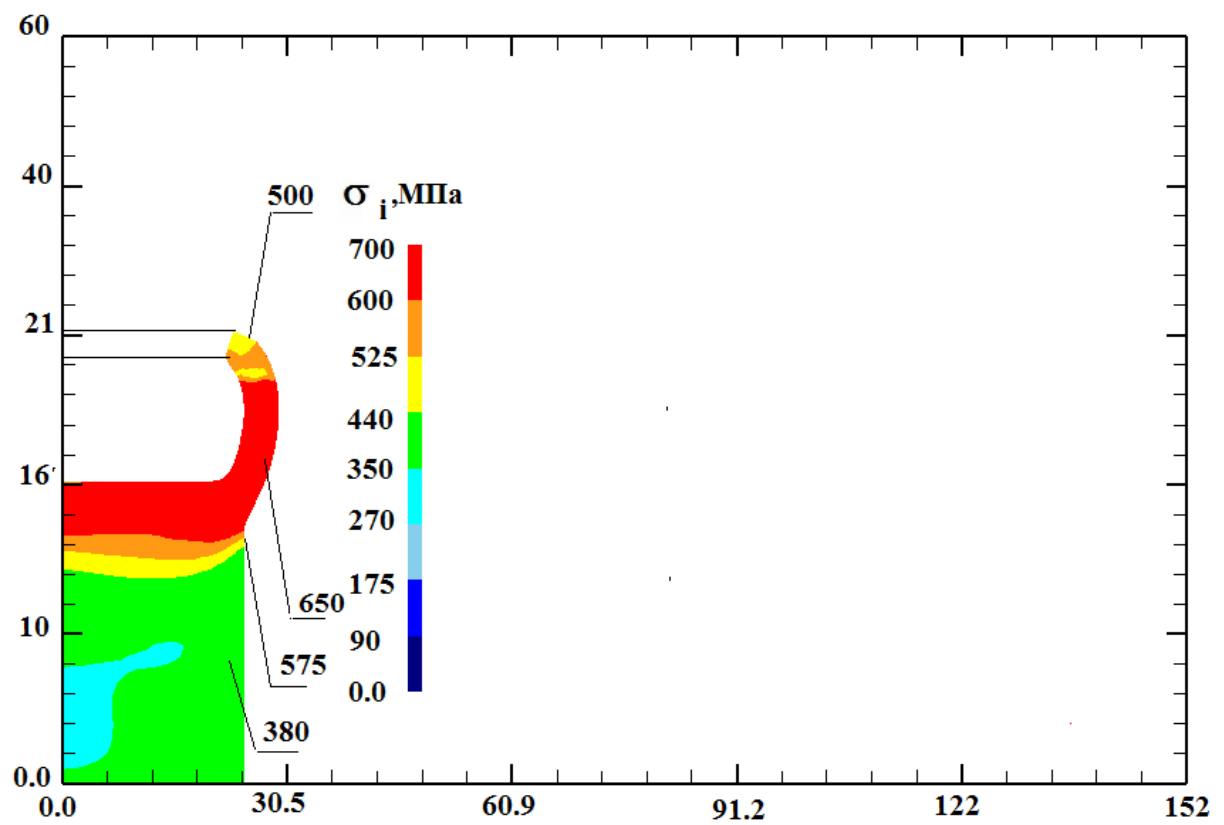
Графік 3.5 Залежність зусилля виштовхування від переміщення пуансону для різних кутів конуса матриці положення заготовки відносно матриці.

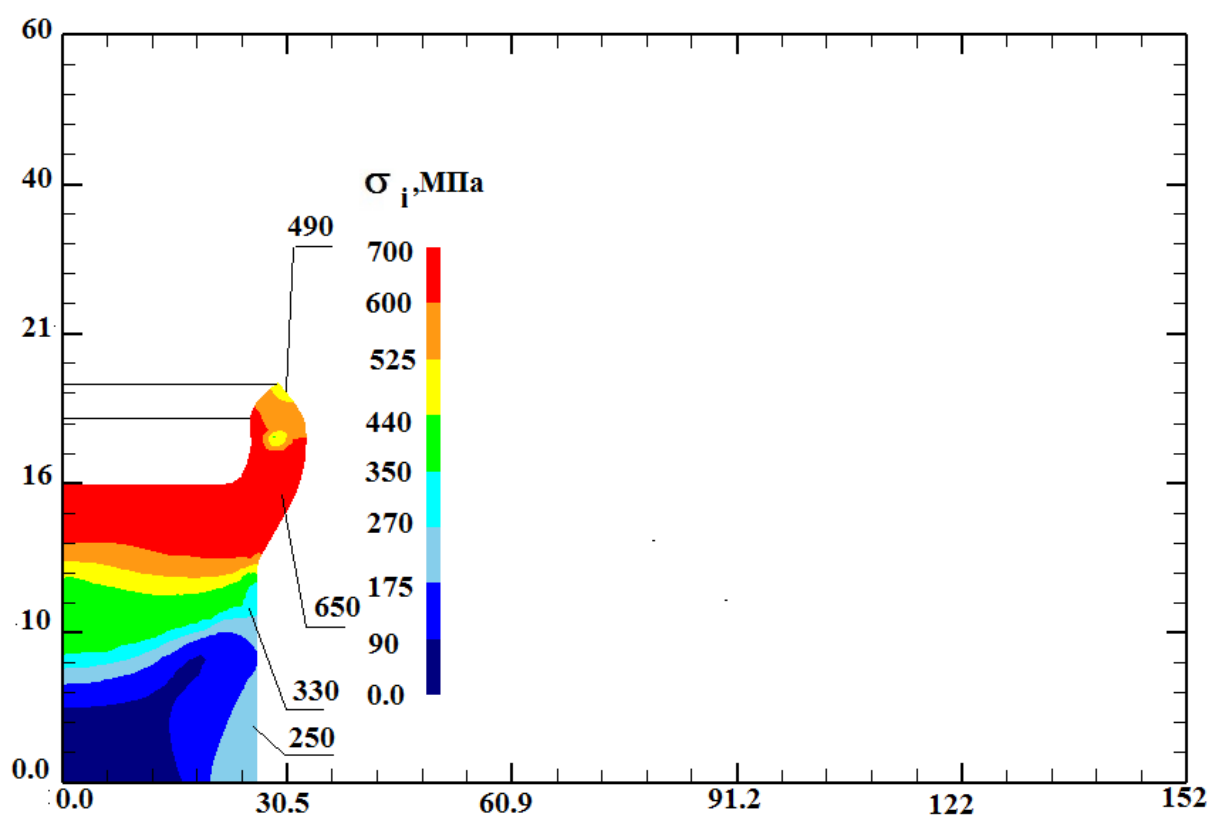
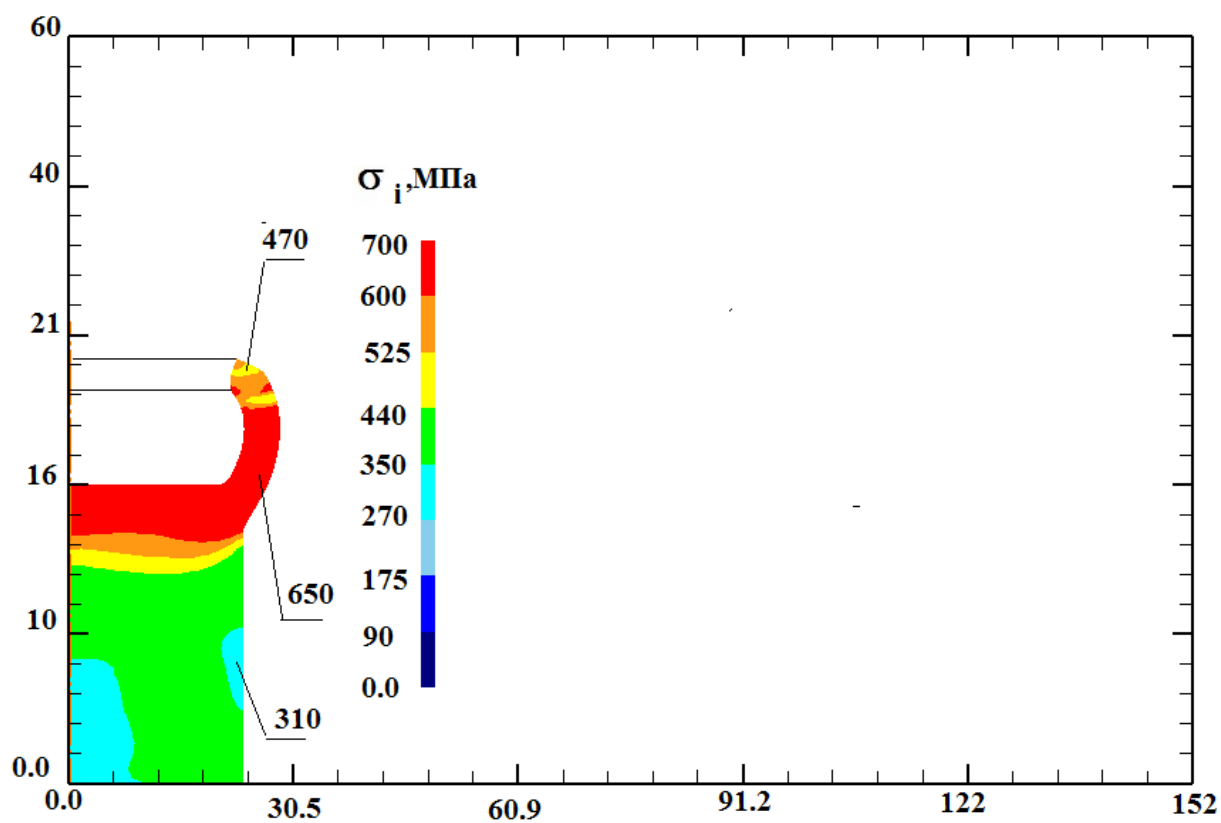
Завдяки даним дослідженням можна зробити висновок про виникаючі зусилля. Як бачимо, питоме зусилля зменшується для кута 45°.

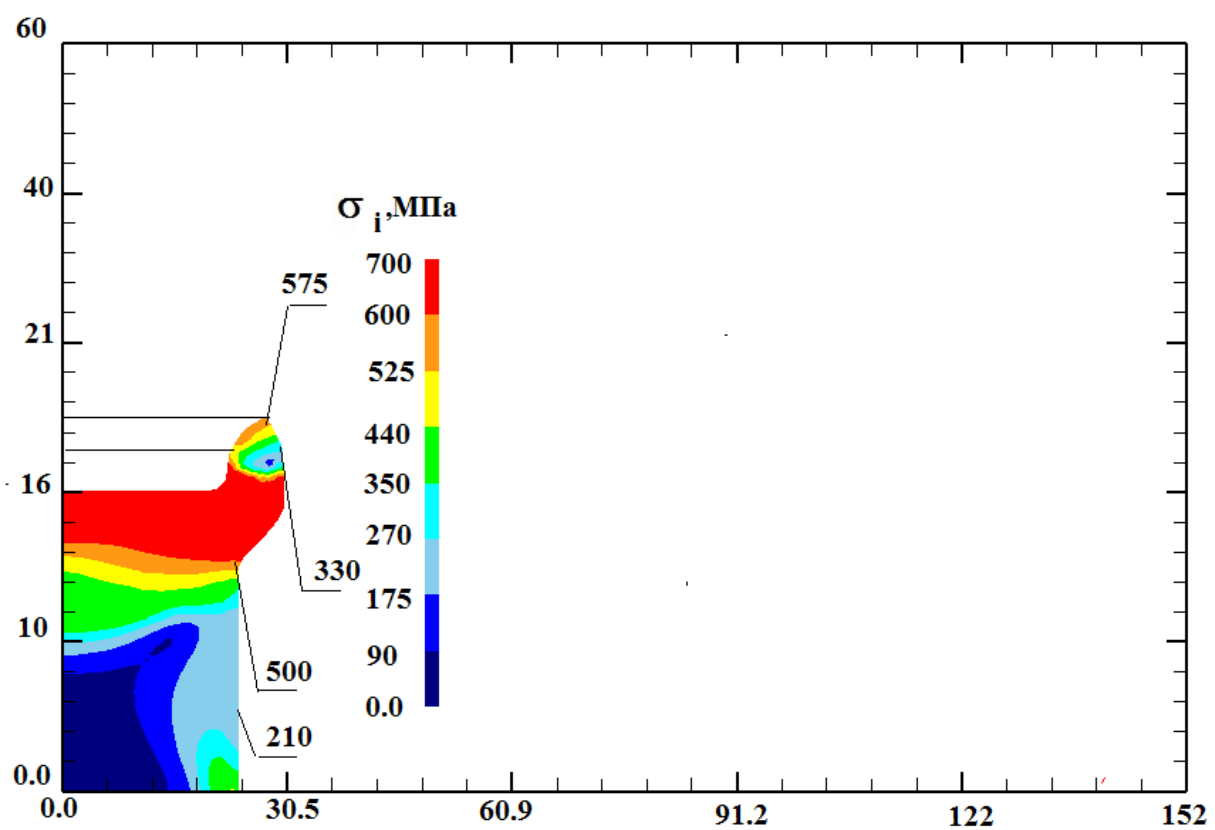
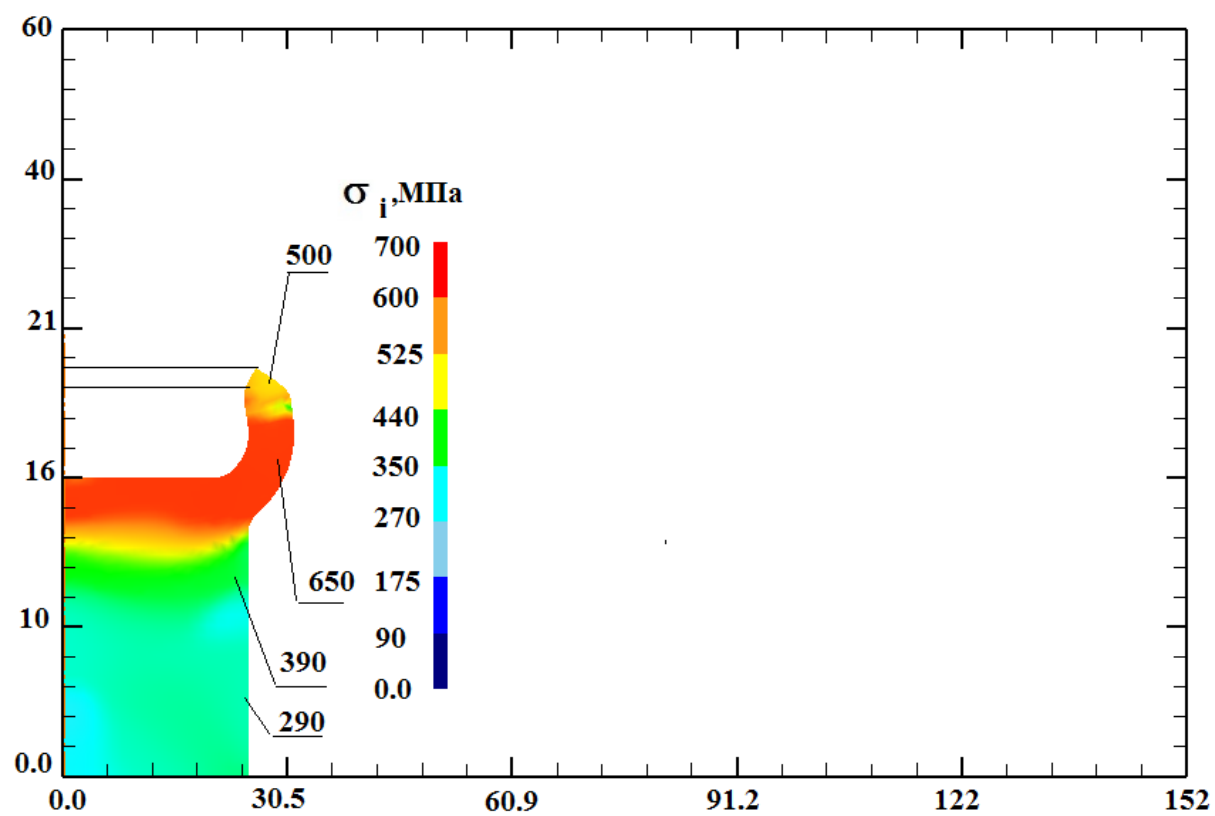
Також встановлено розподіл максимальних напружень і інтенсивності напружень у заготовці при видавлюванні. По характерним точкам – маркерам встановлена величина напружень на ділянках з їх найбільшою інтенсивністю.



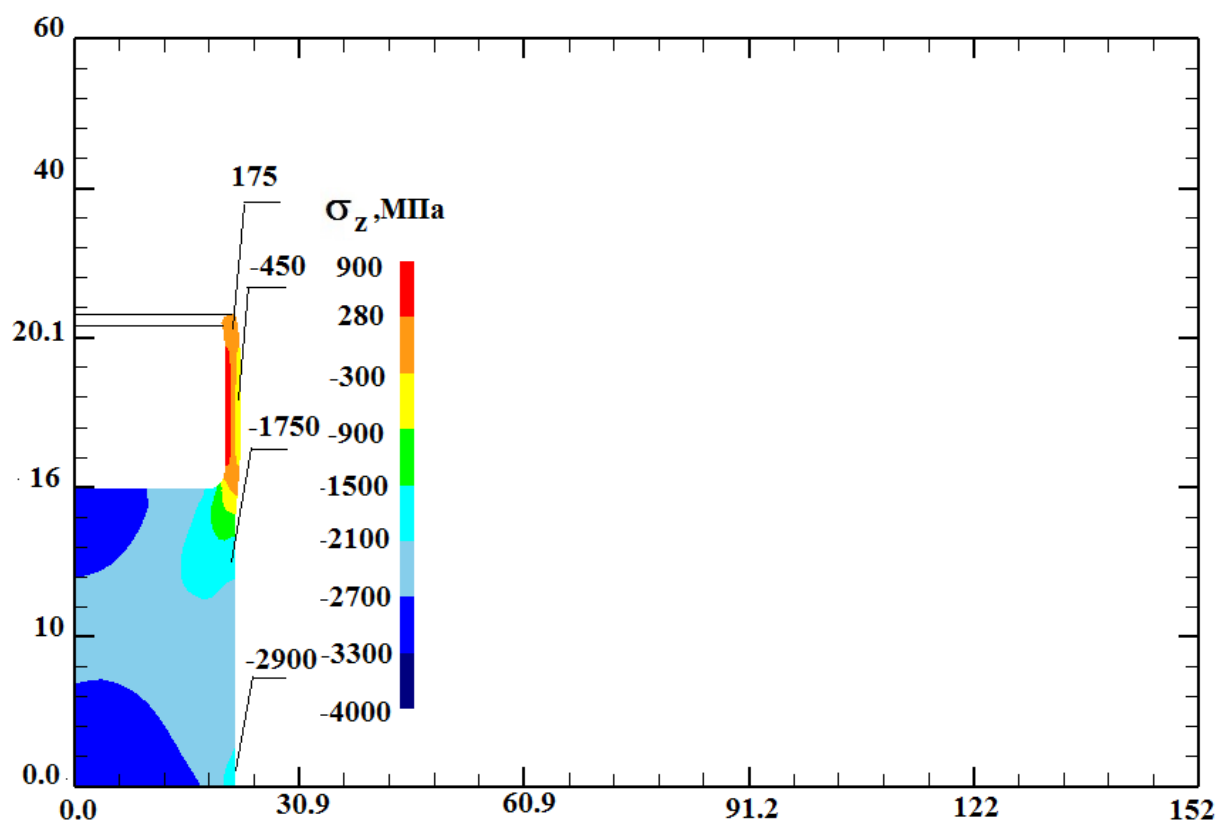
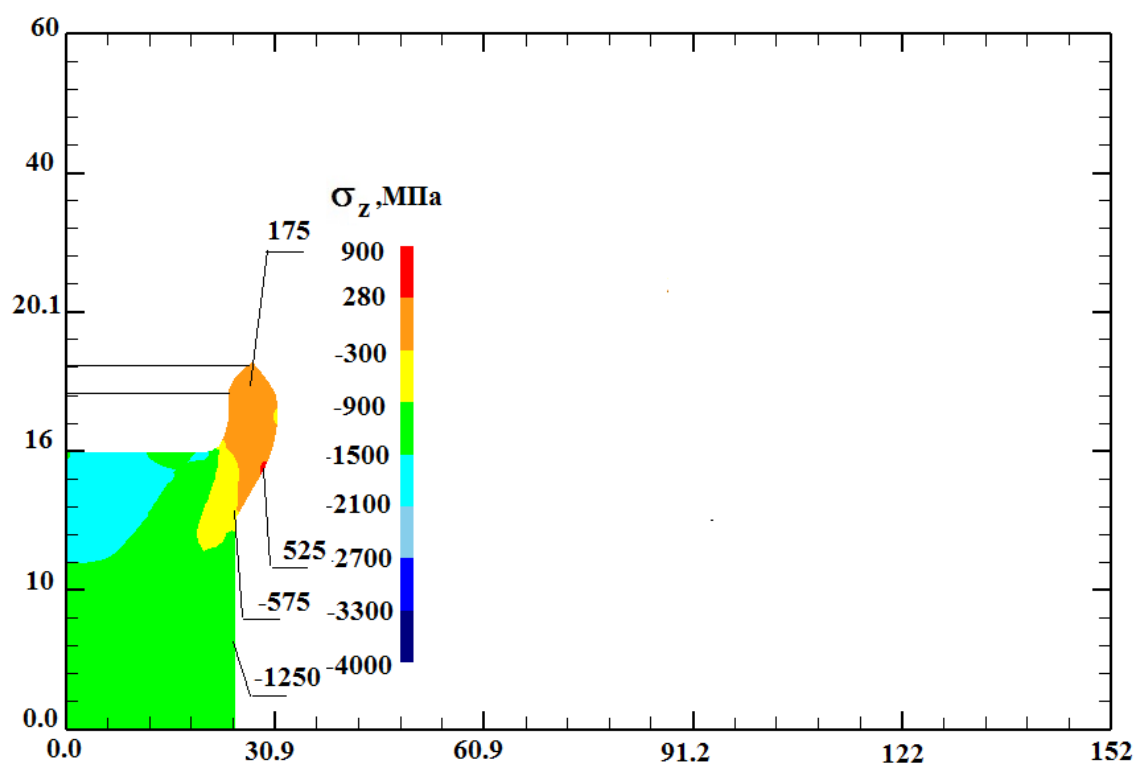


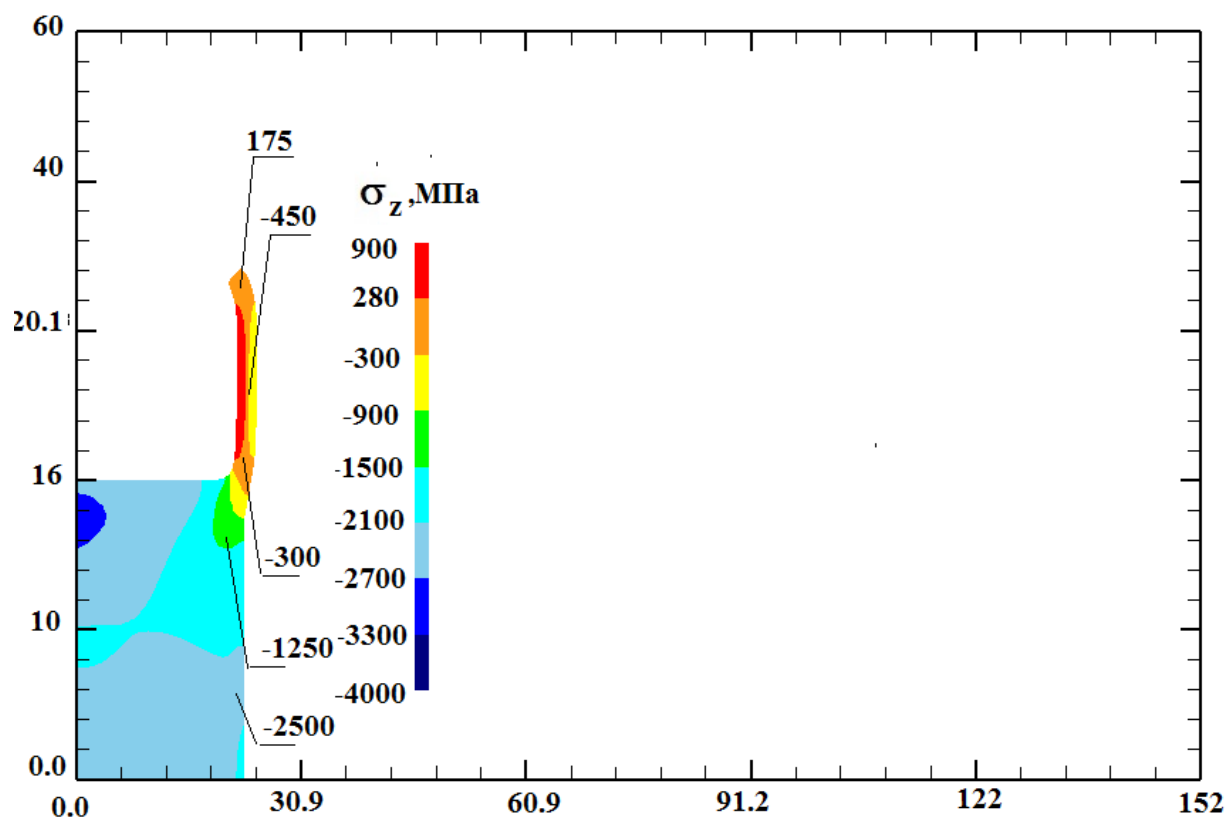
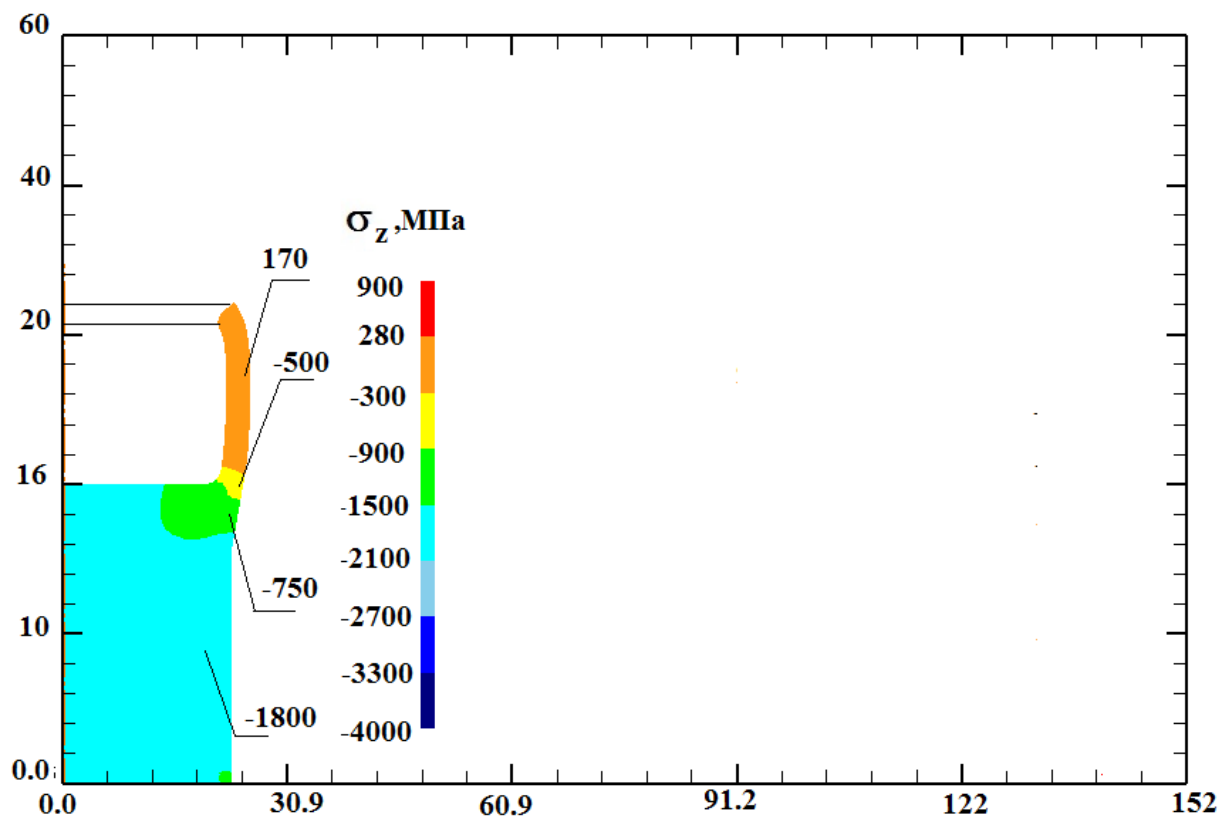


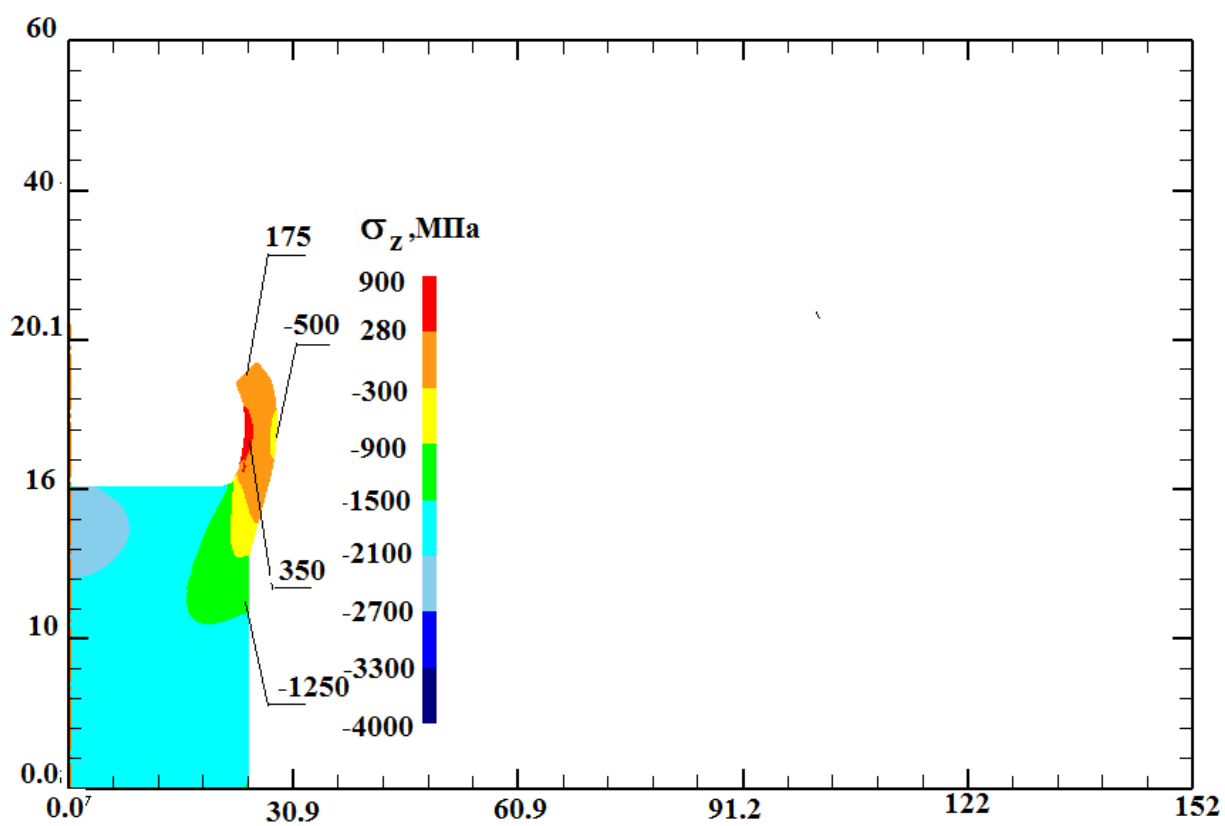
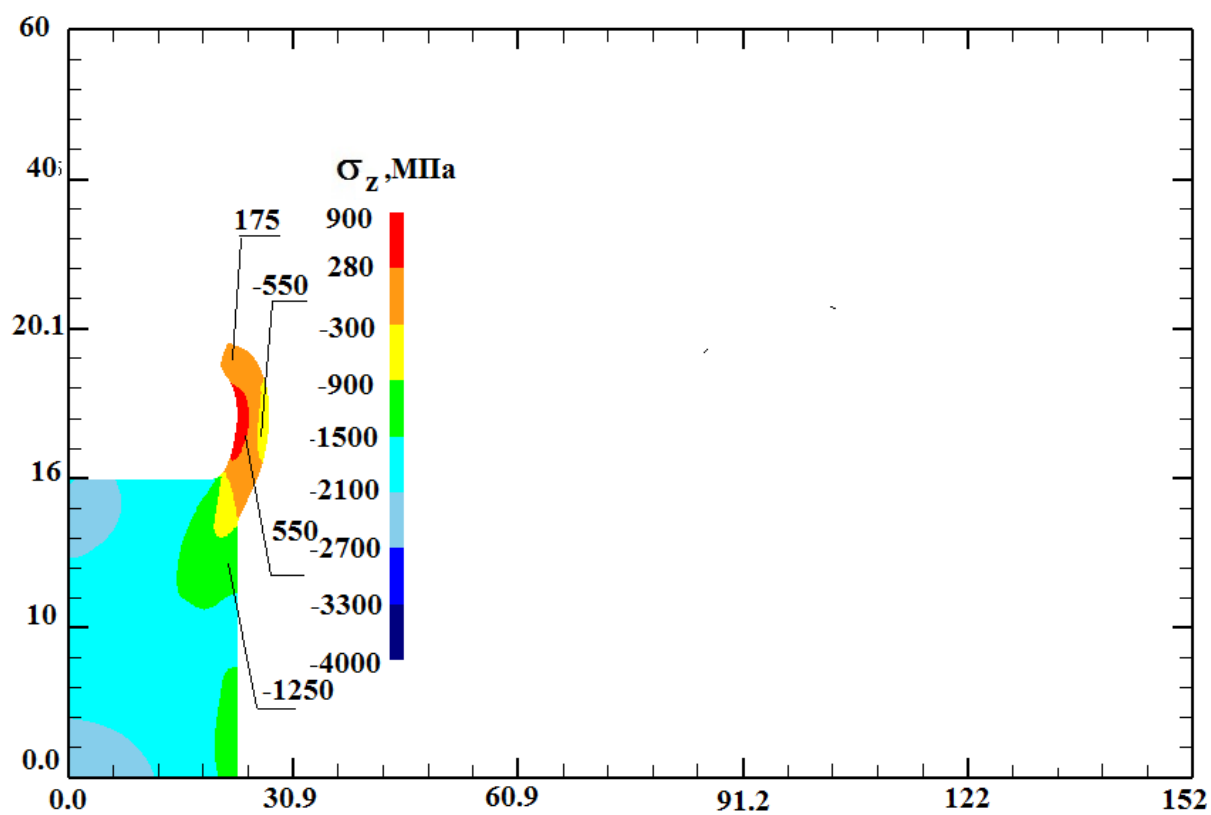


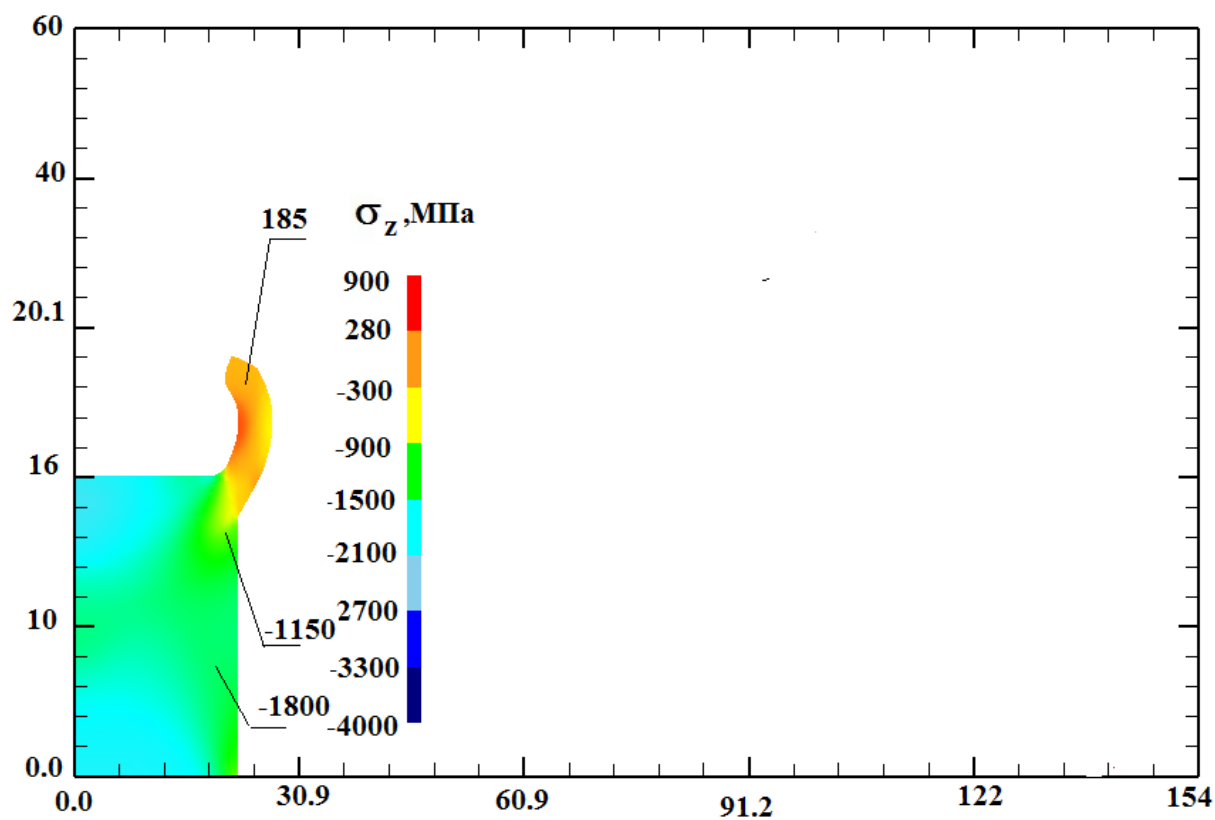
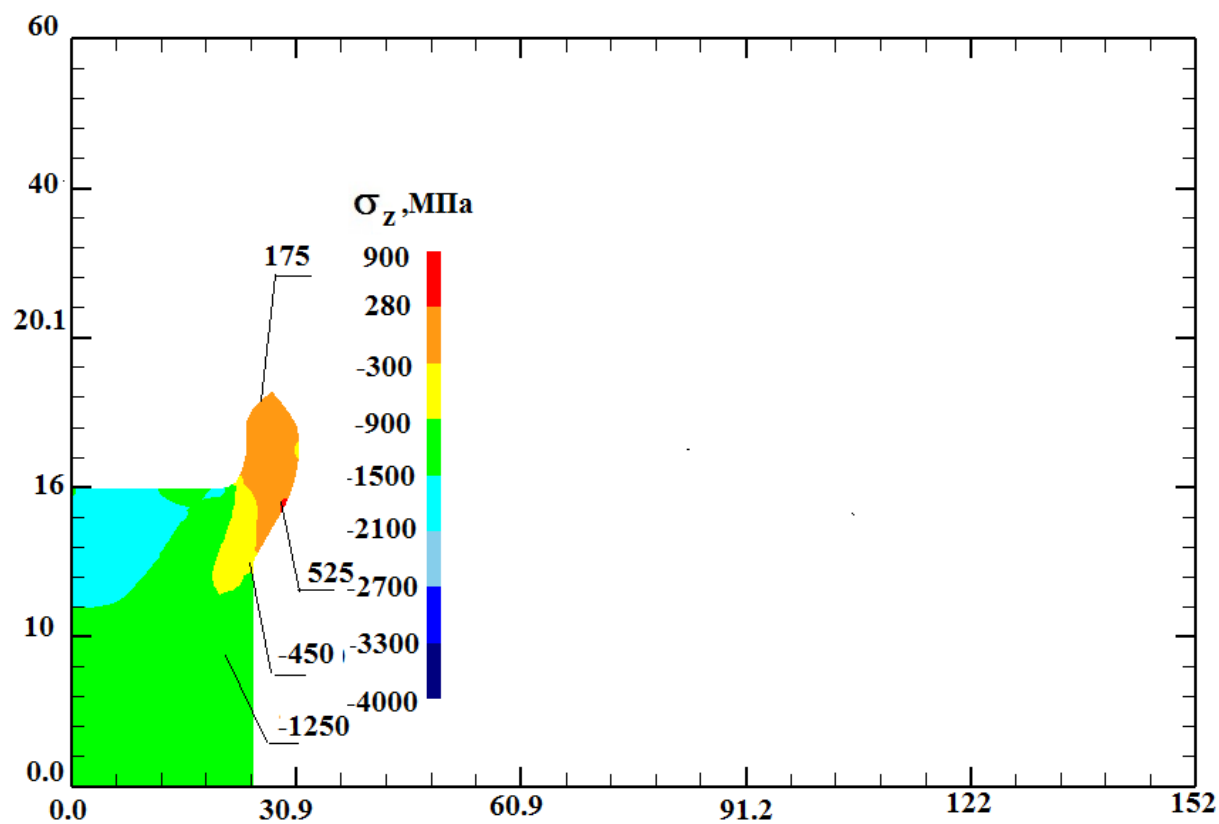


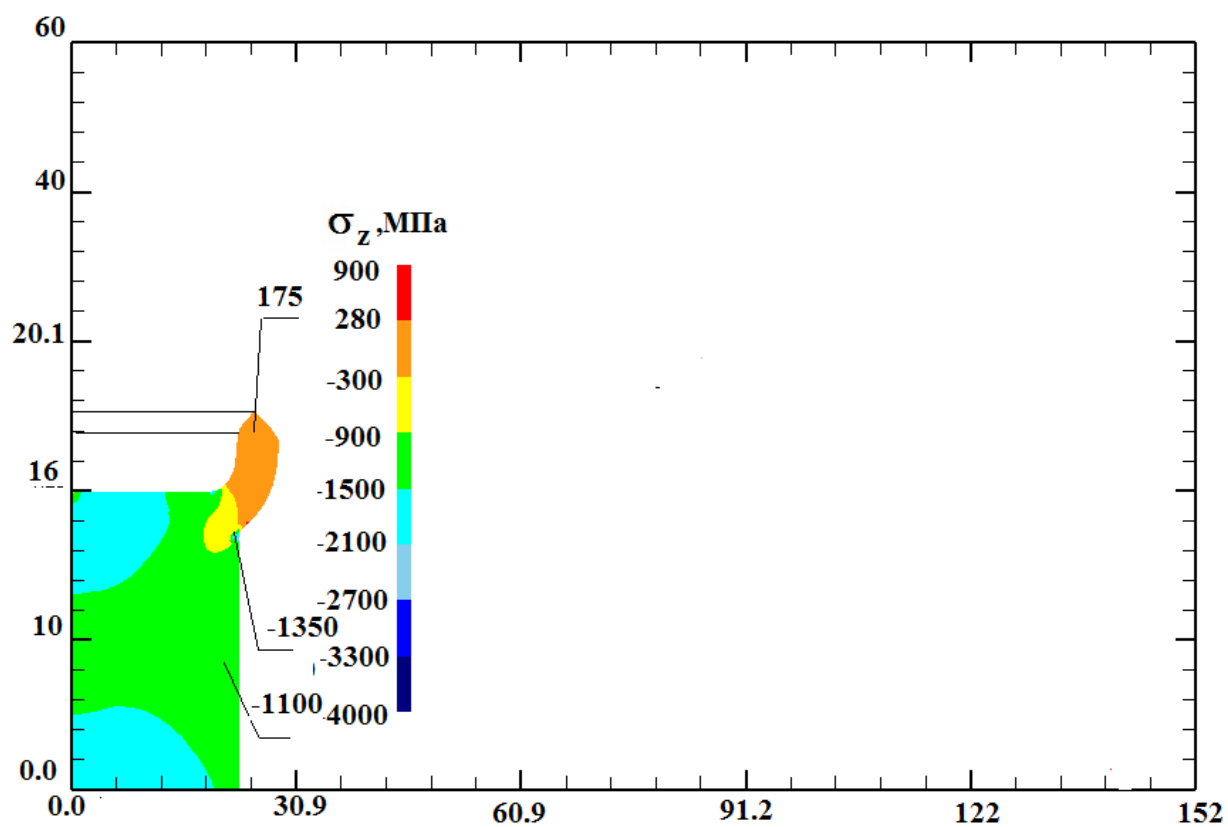
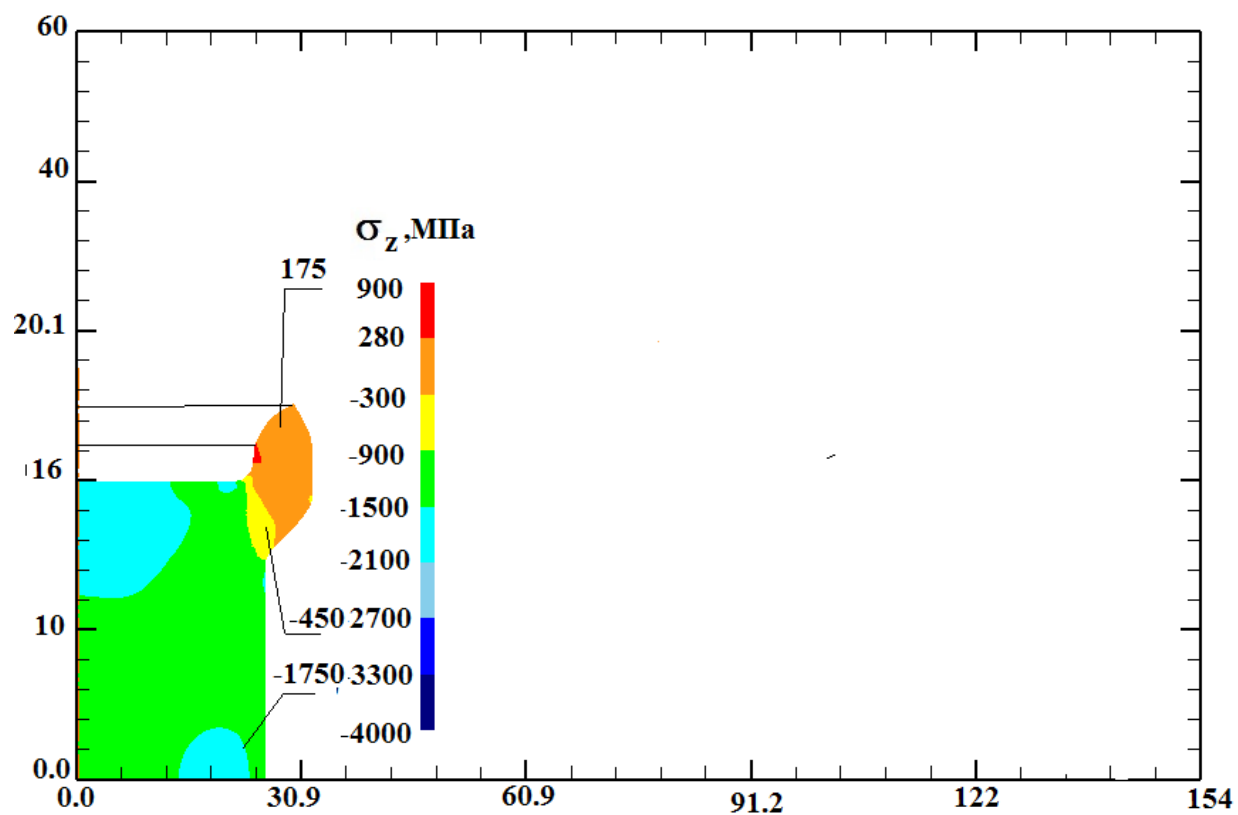
Спостерігаємо що , завдяки виникаючому розподілу інтенсивності матеріал зміцнюється в 2 рази . Розглянемо нормальне напруження для різних кутів при заданих висотах .

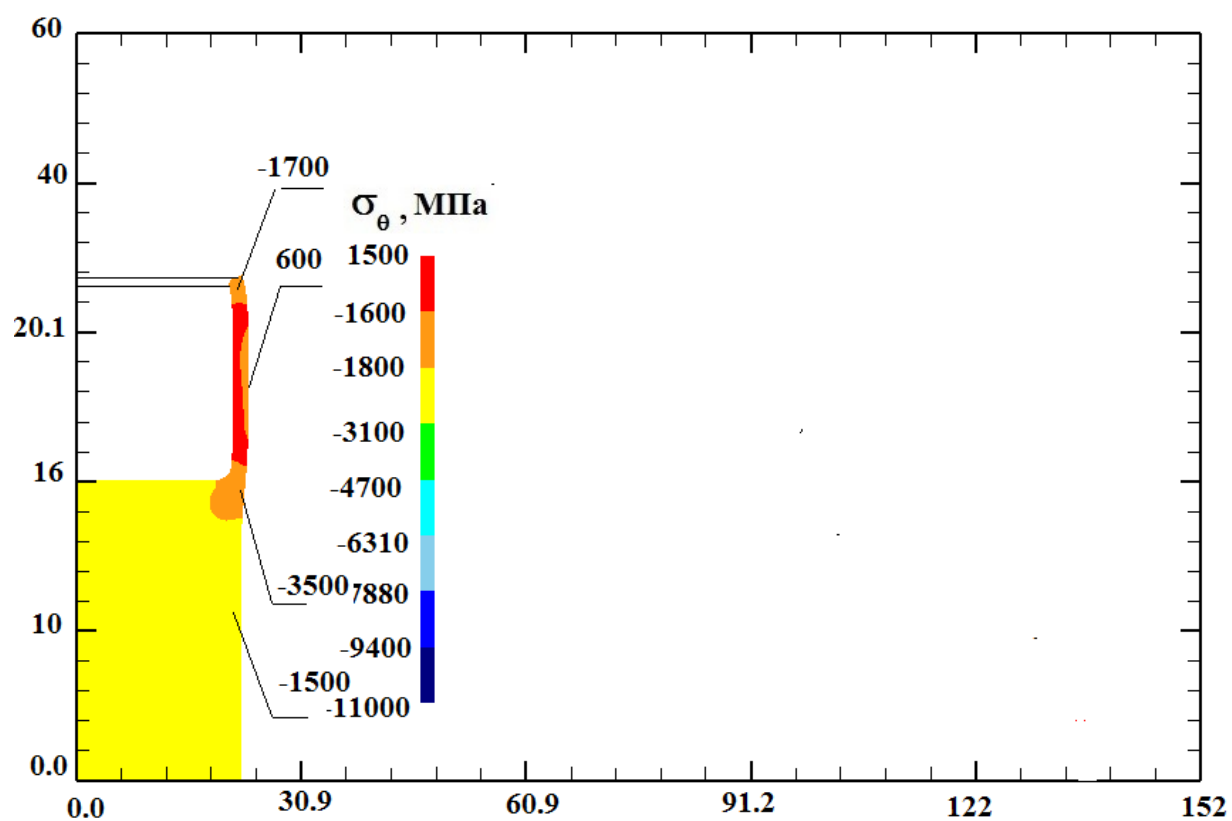
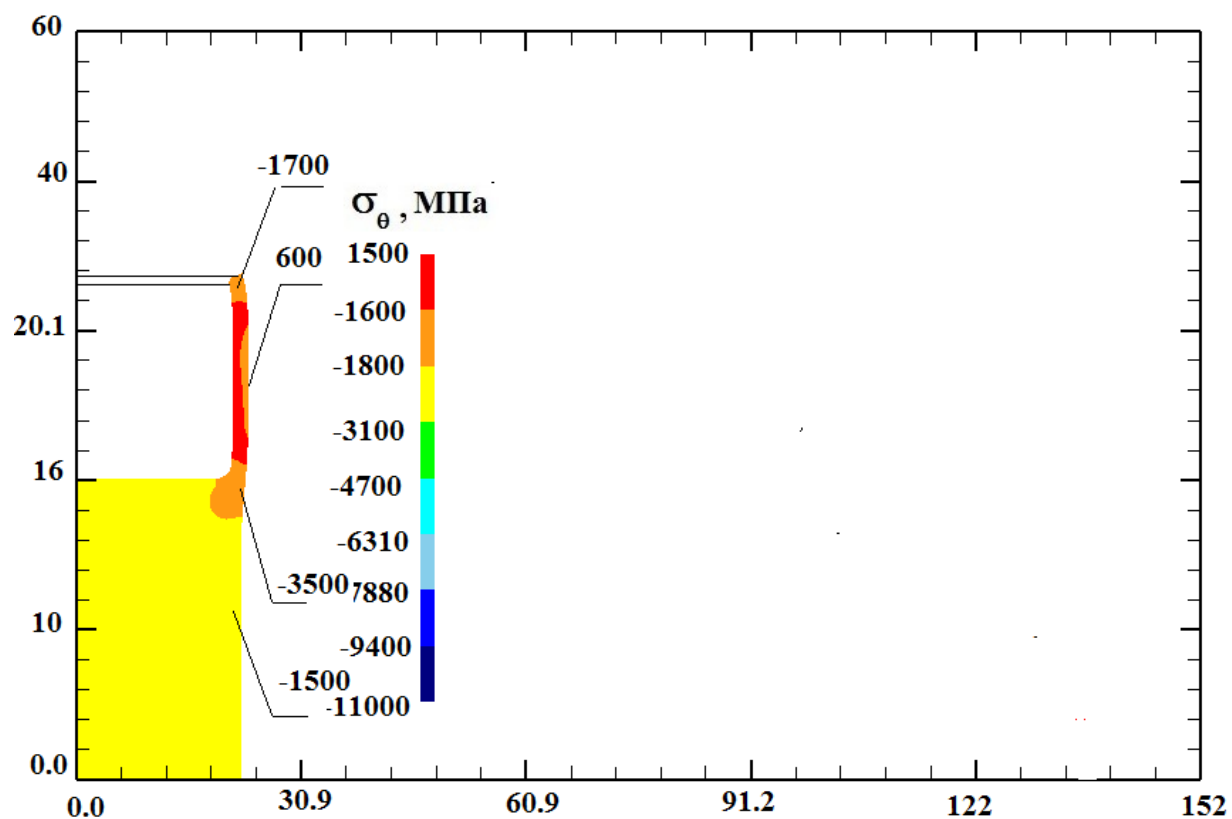


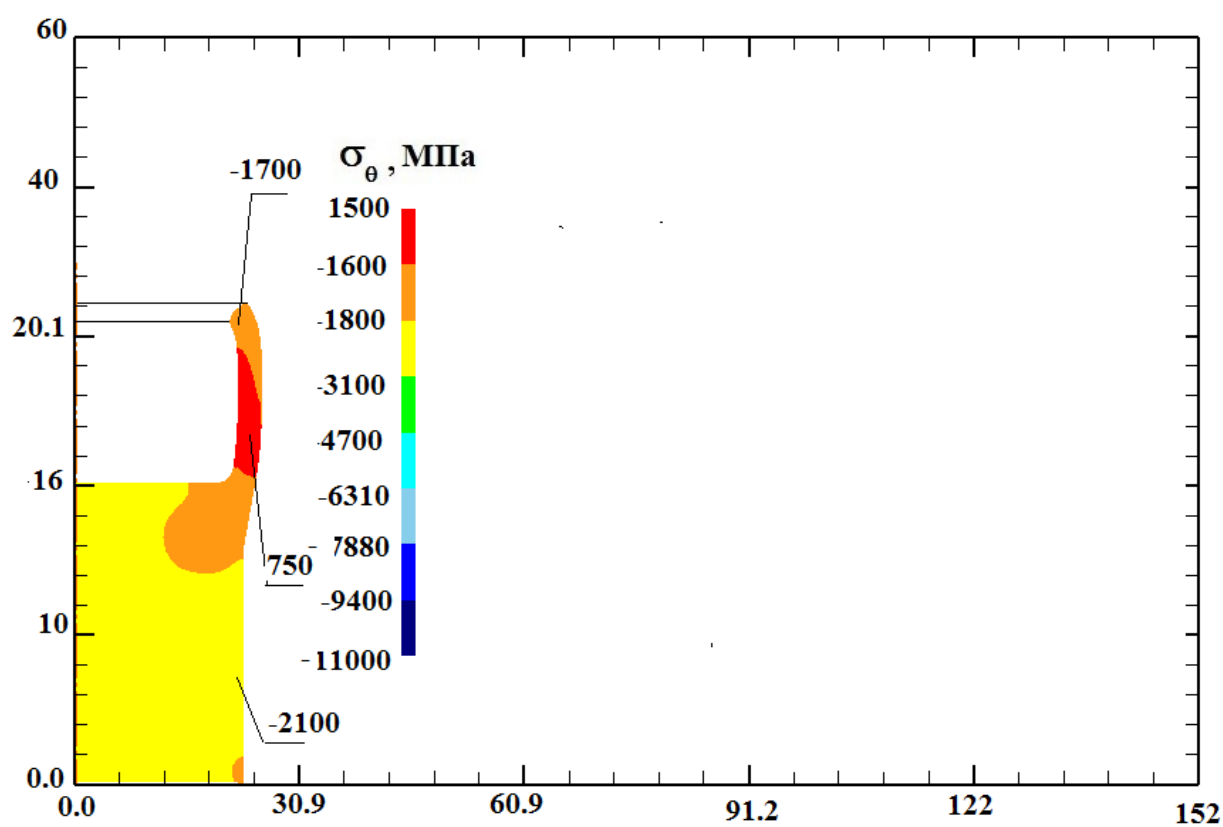
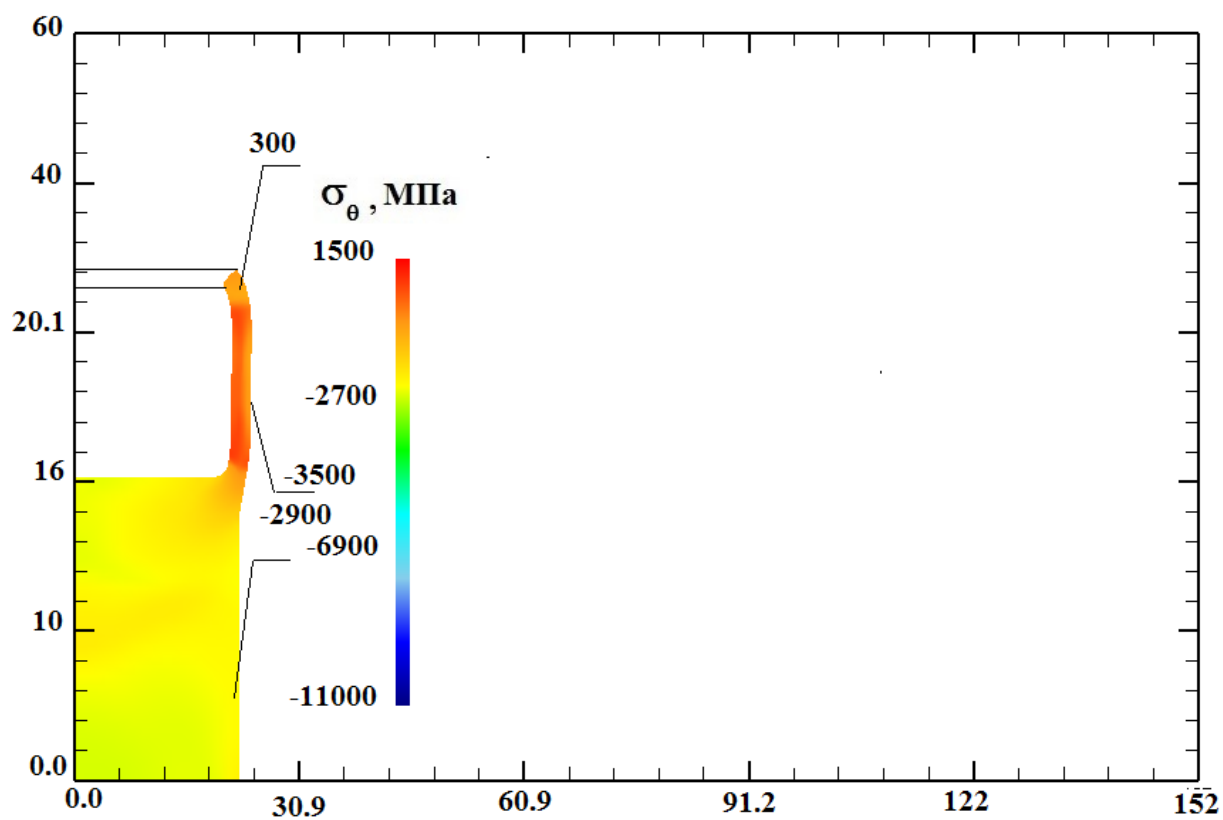


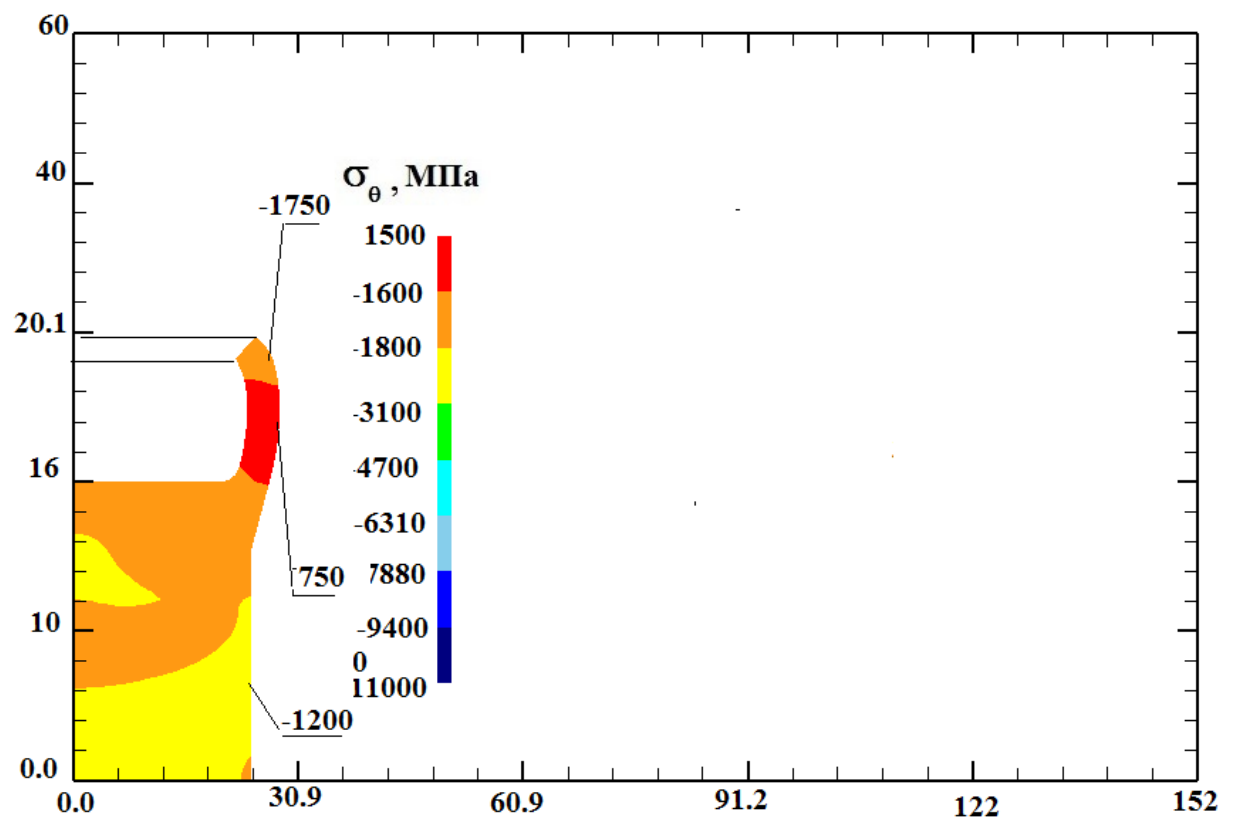
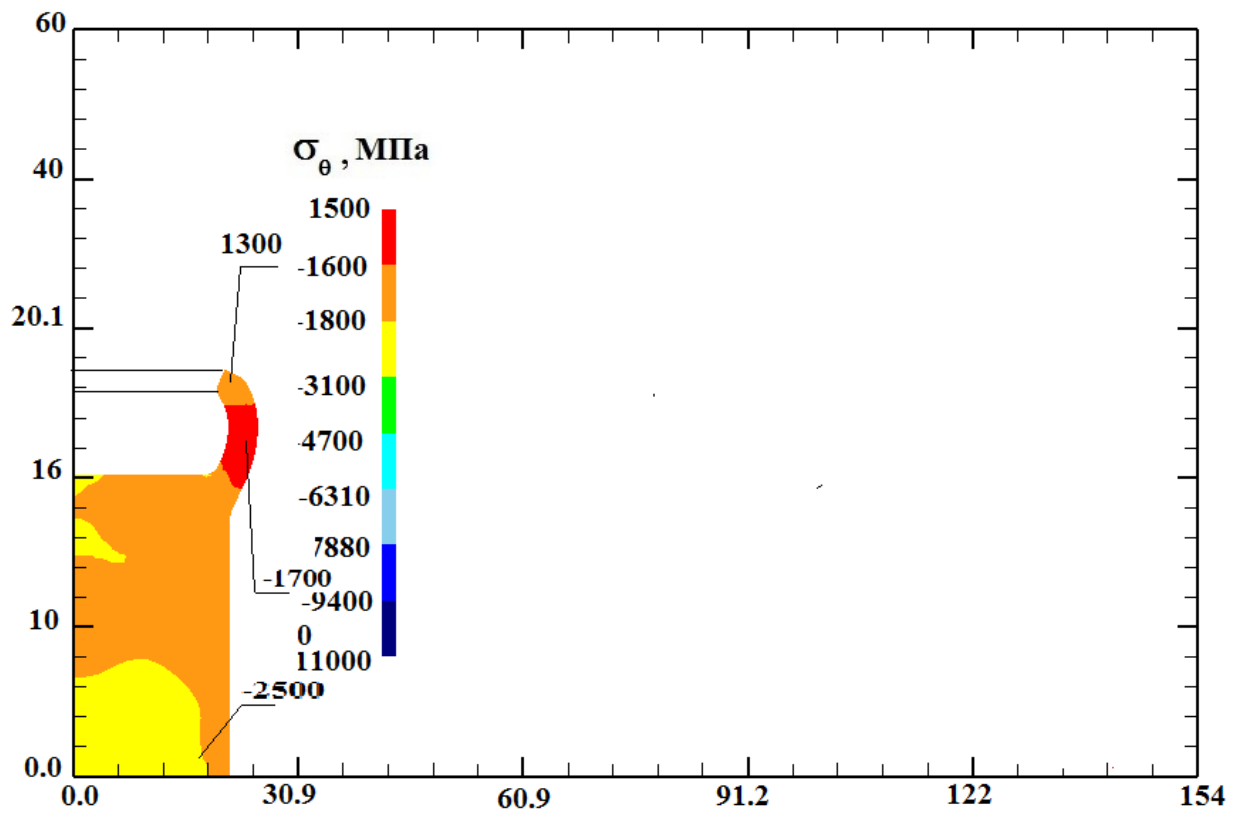


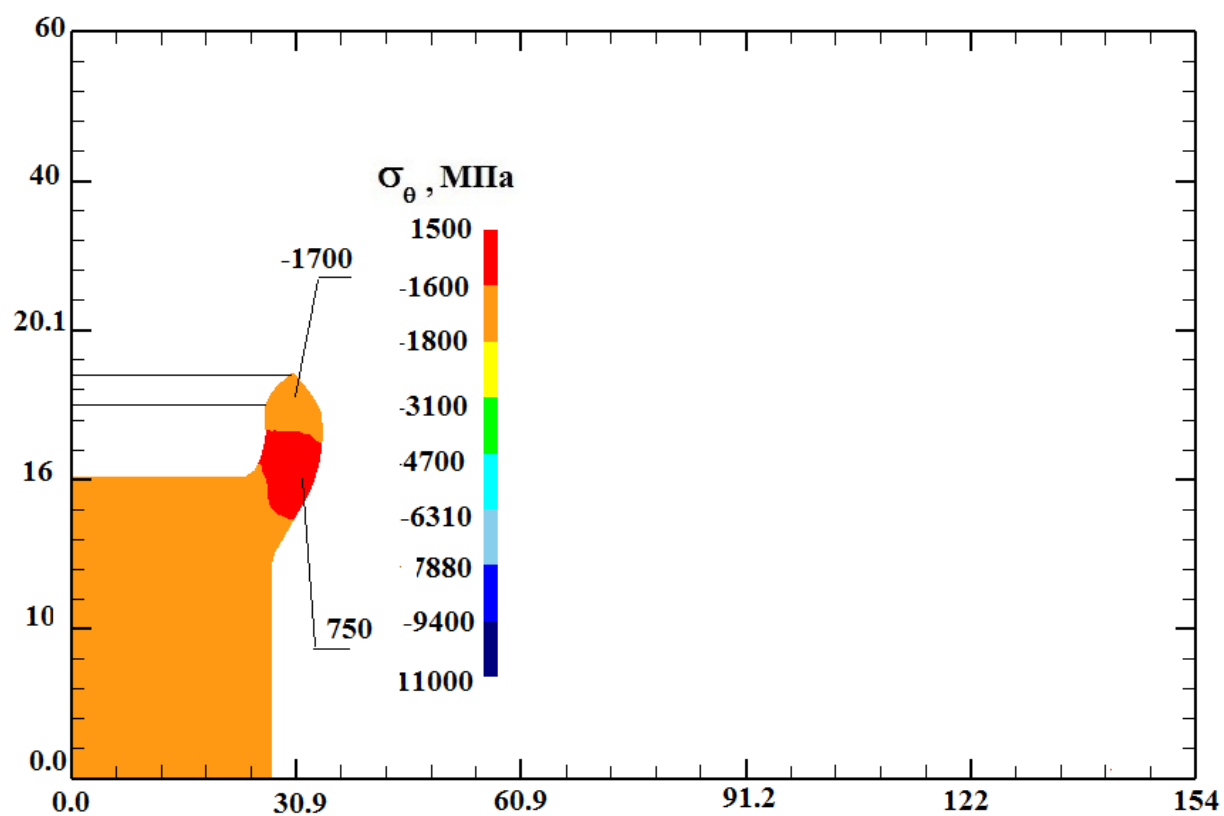
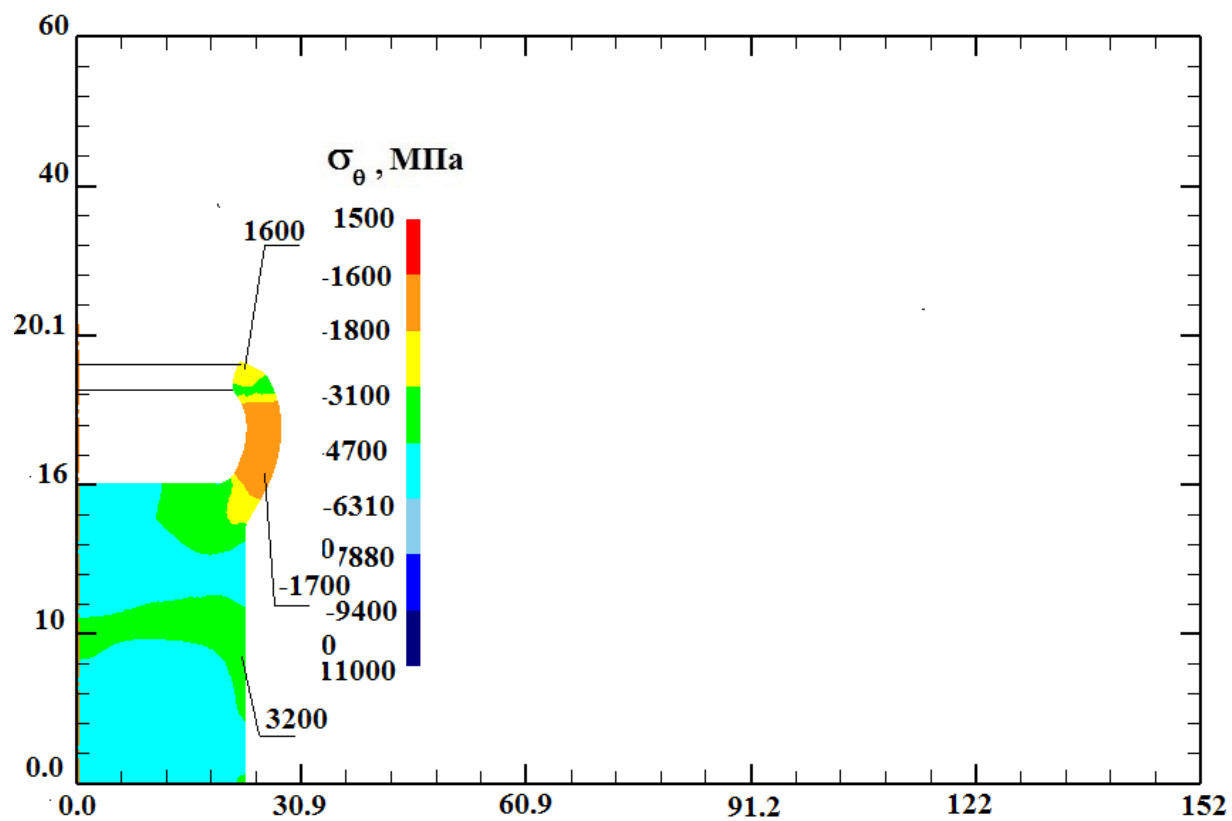


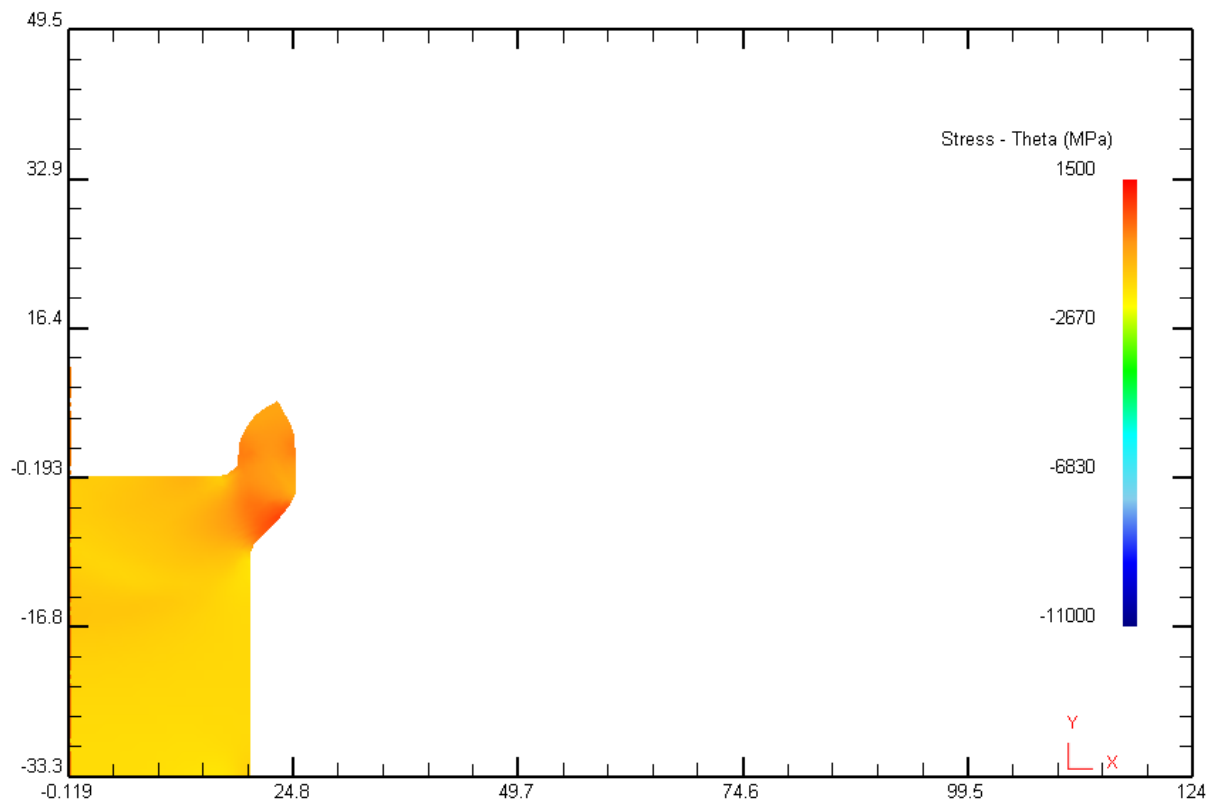




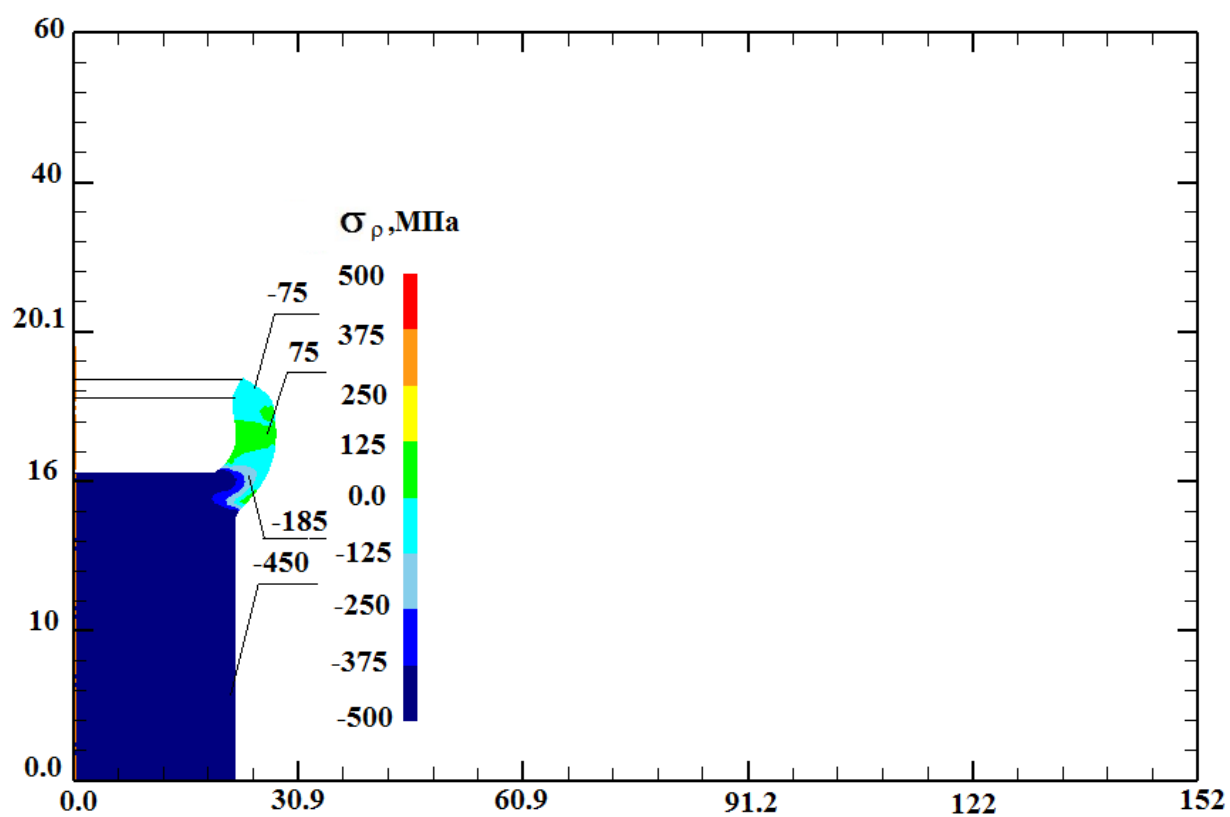
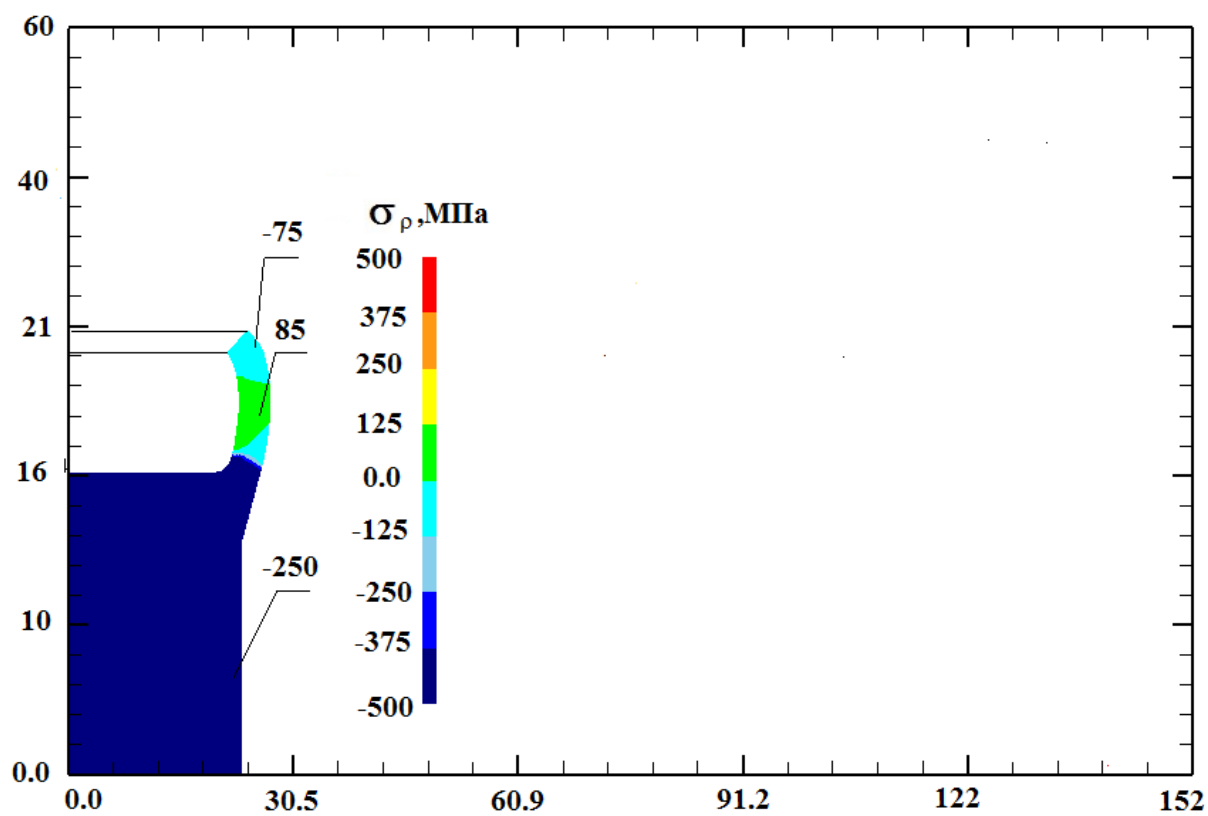


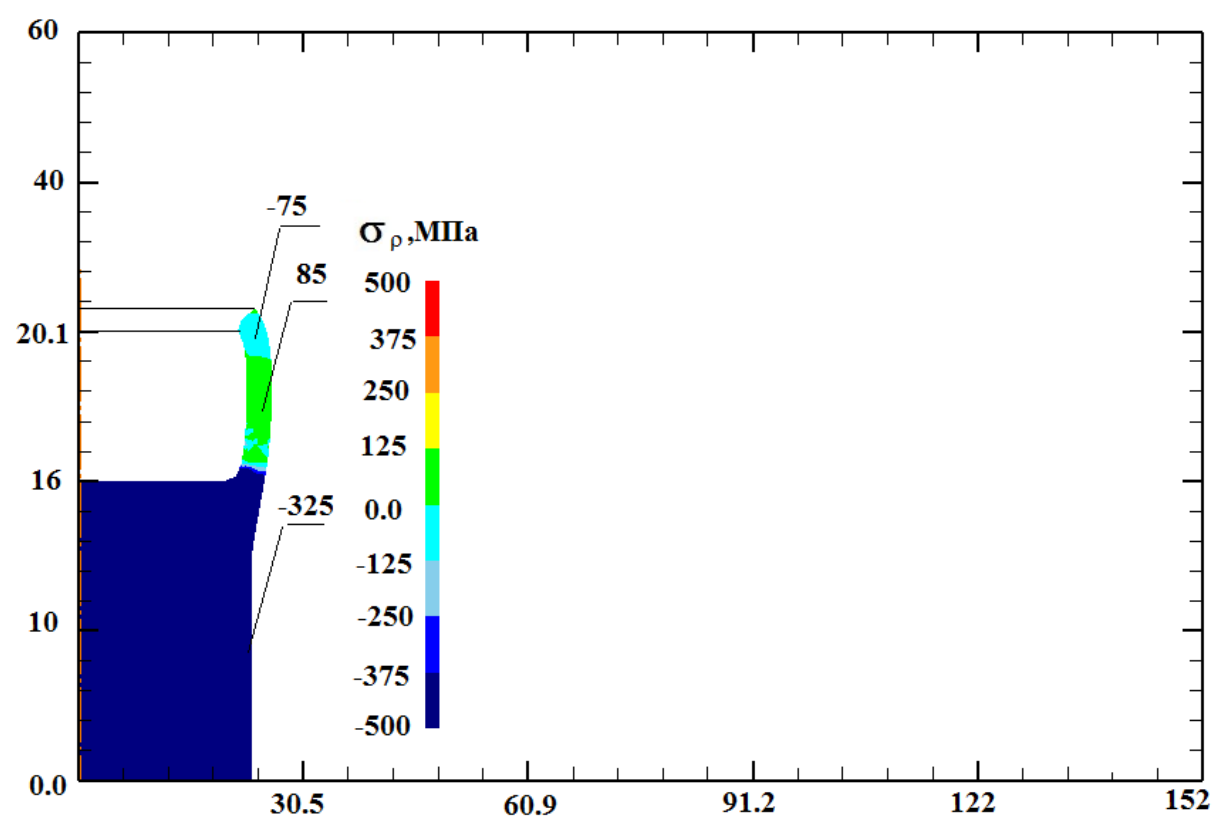
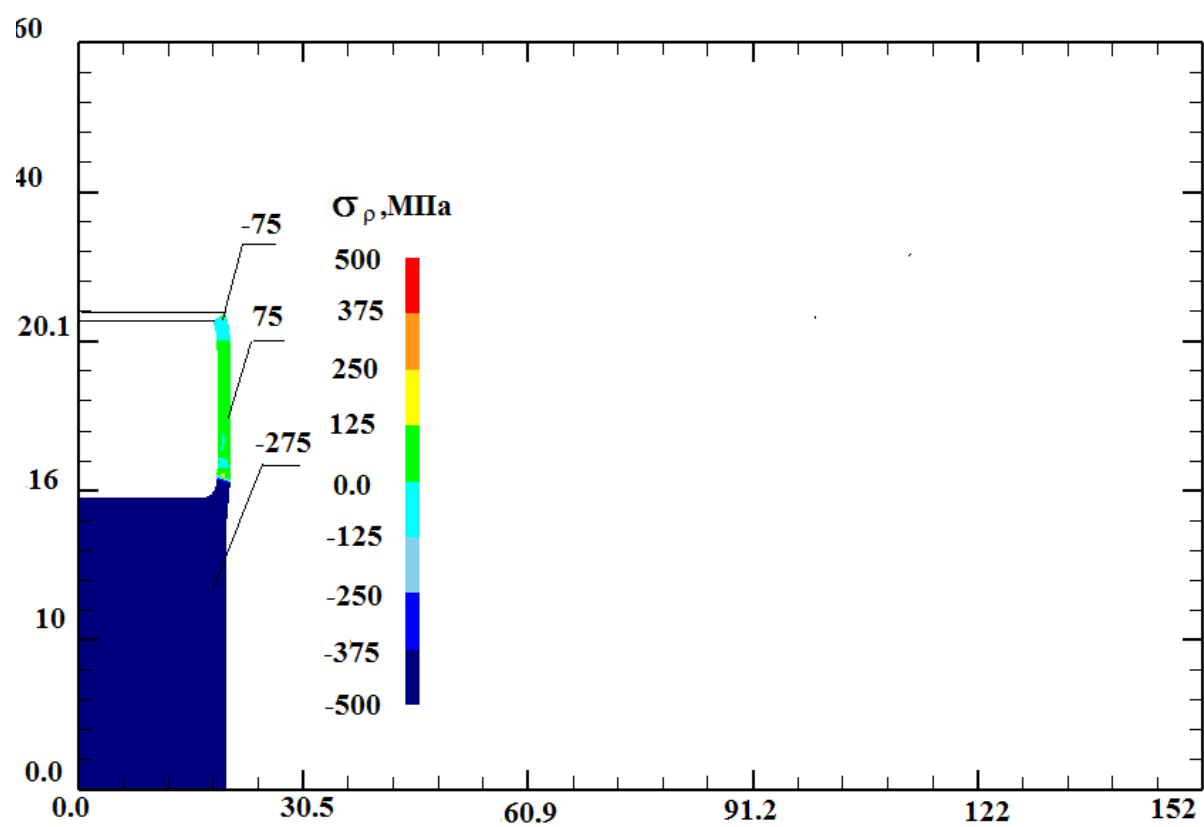


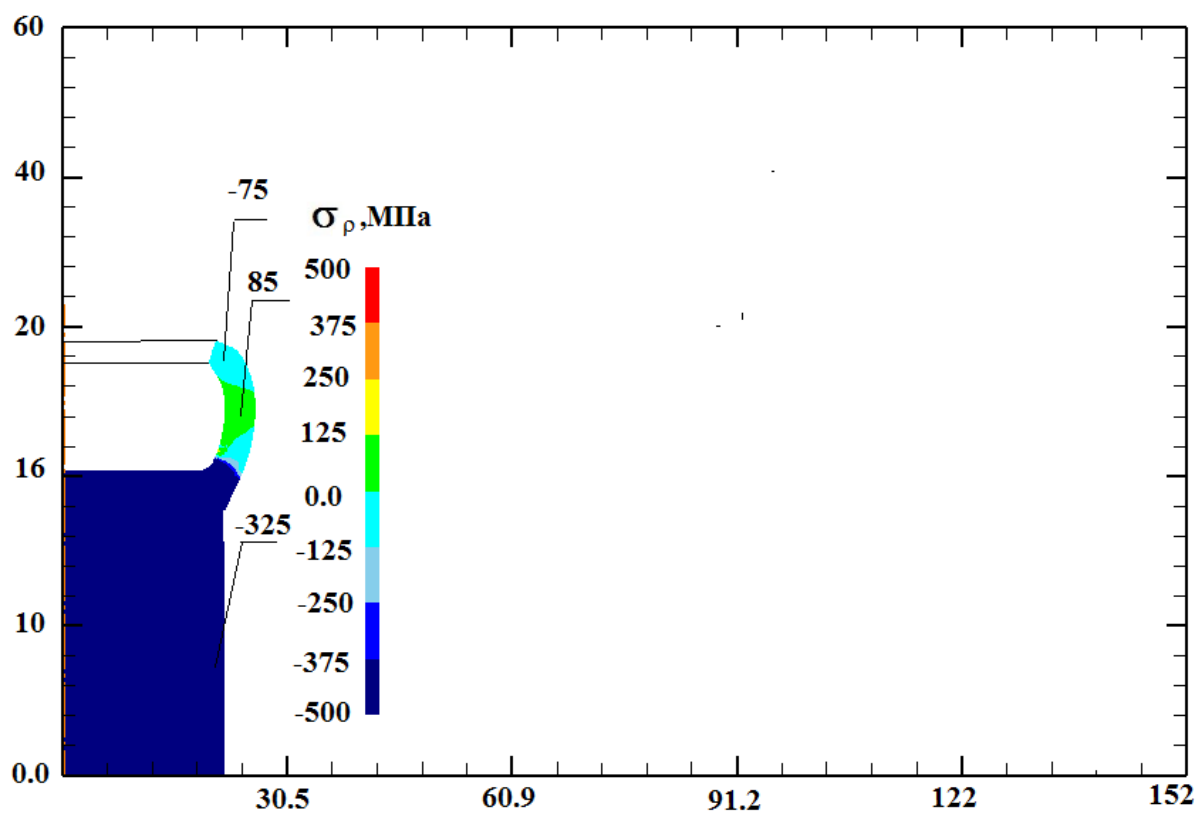
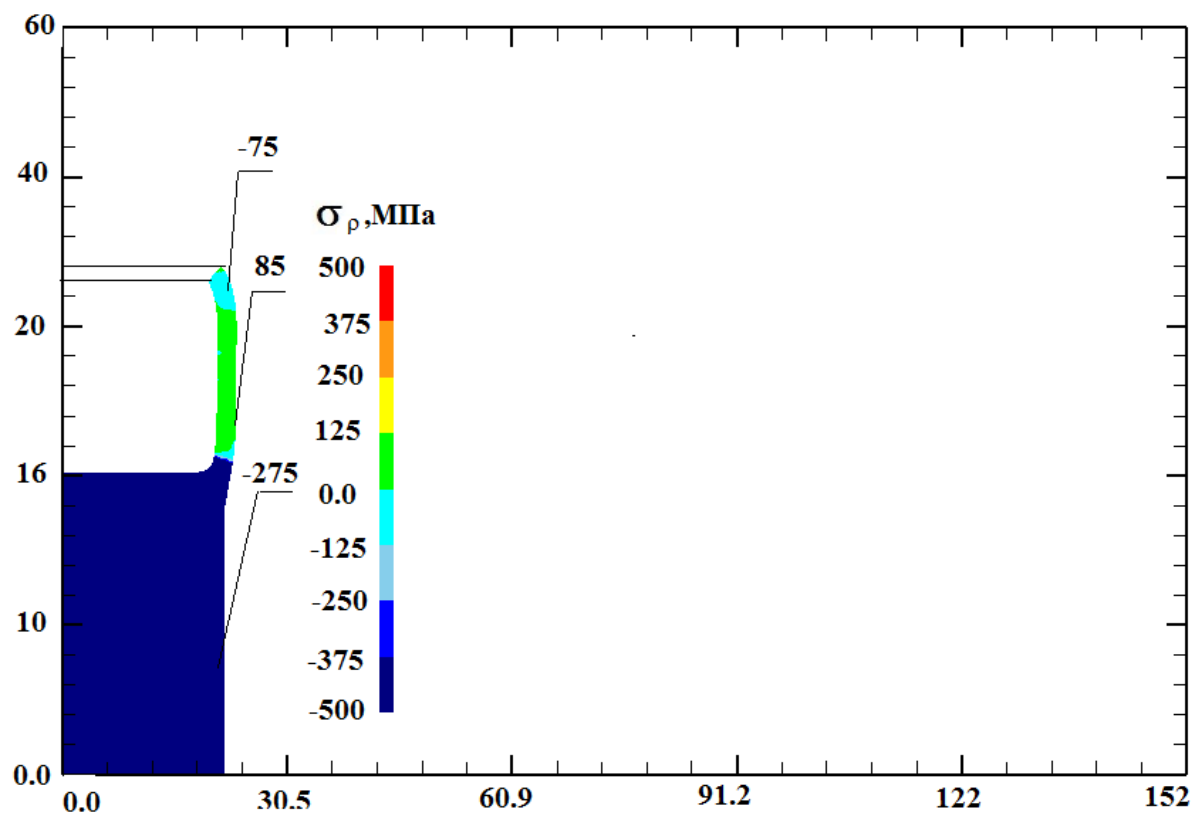


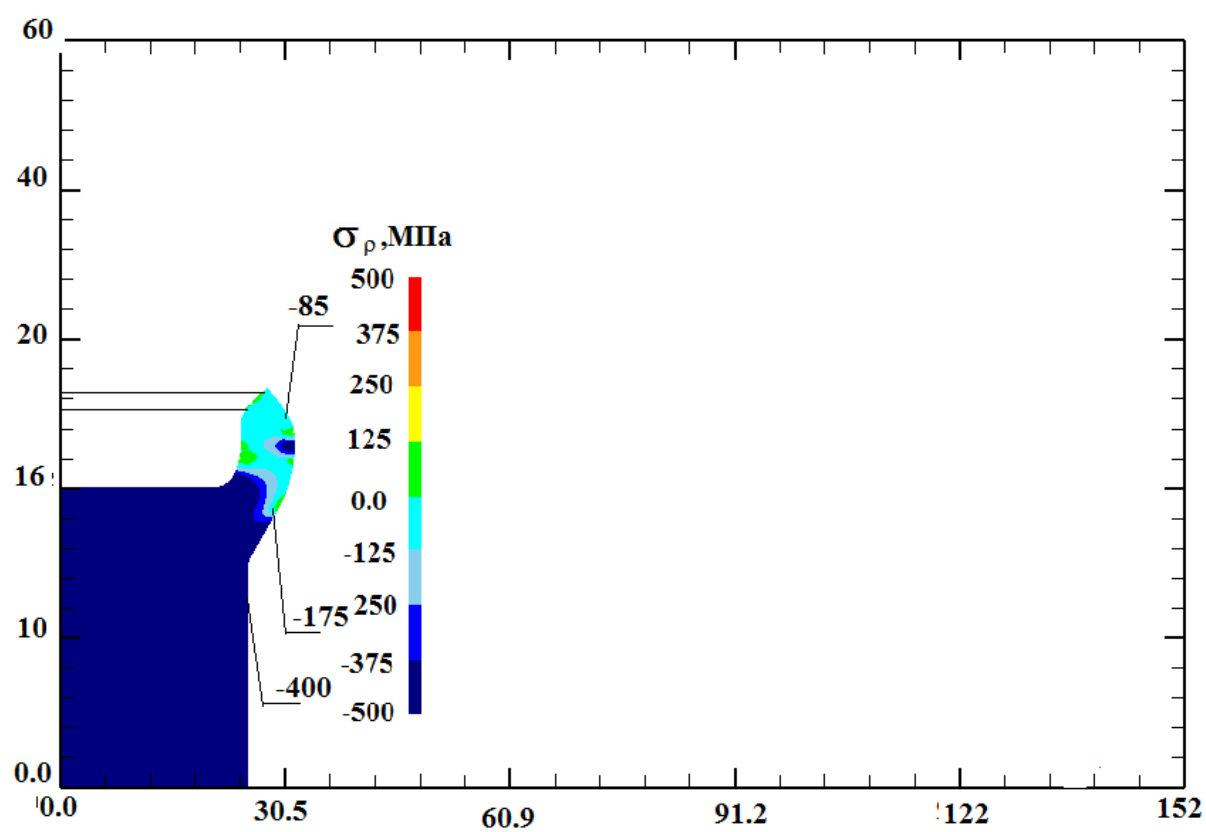
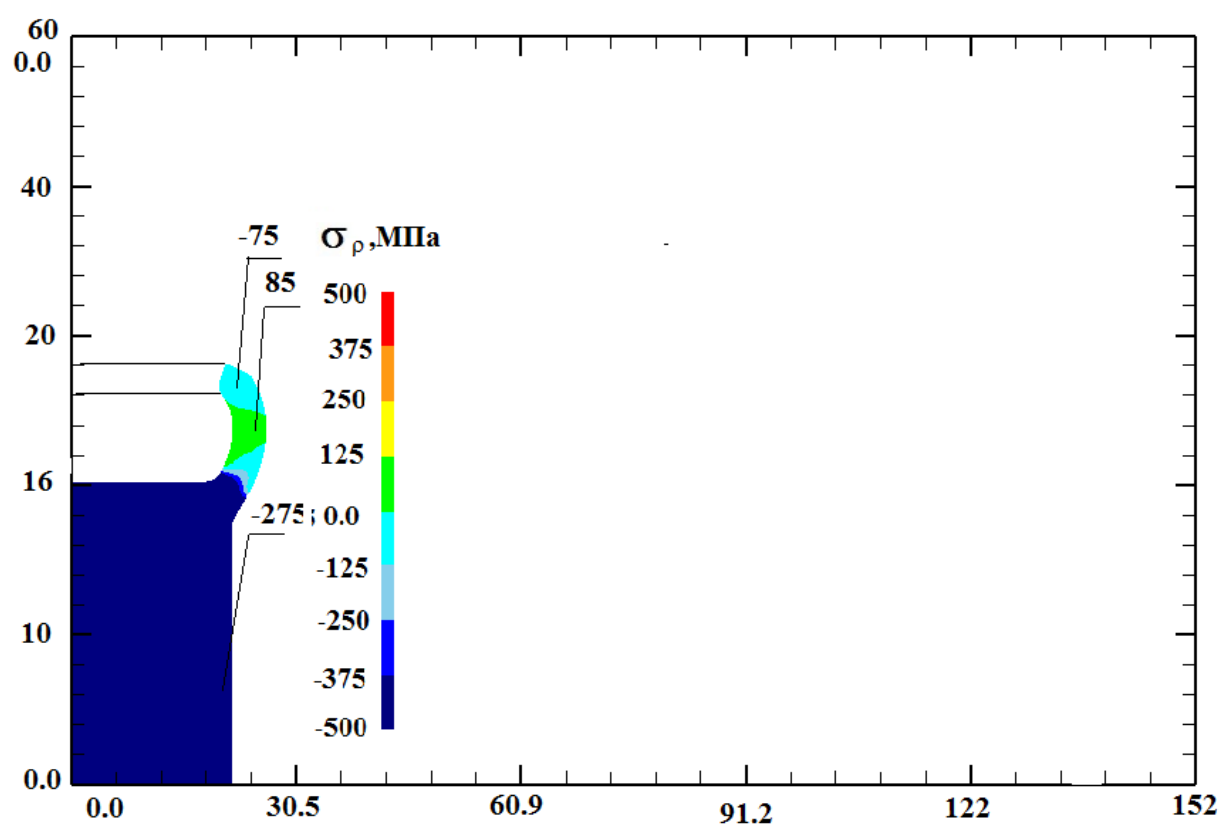


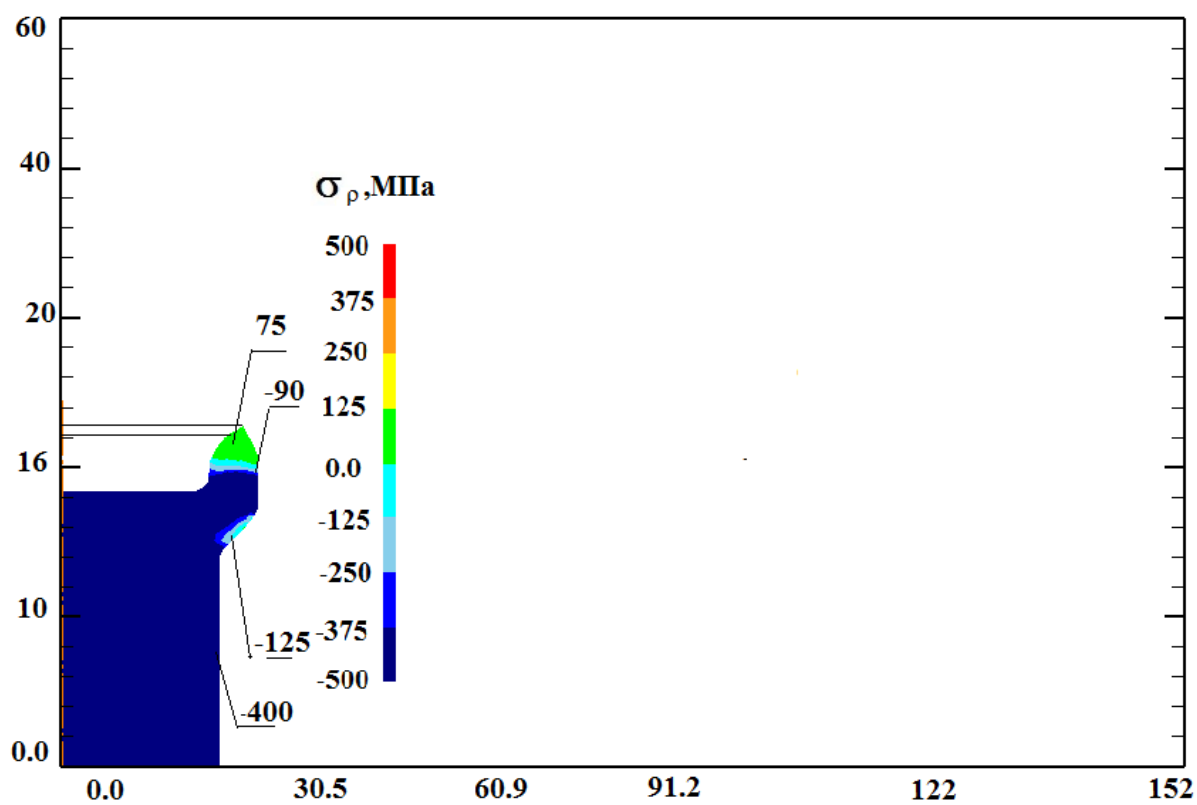
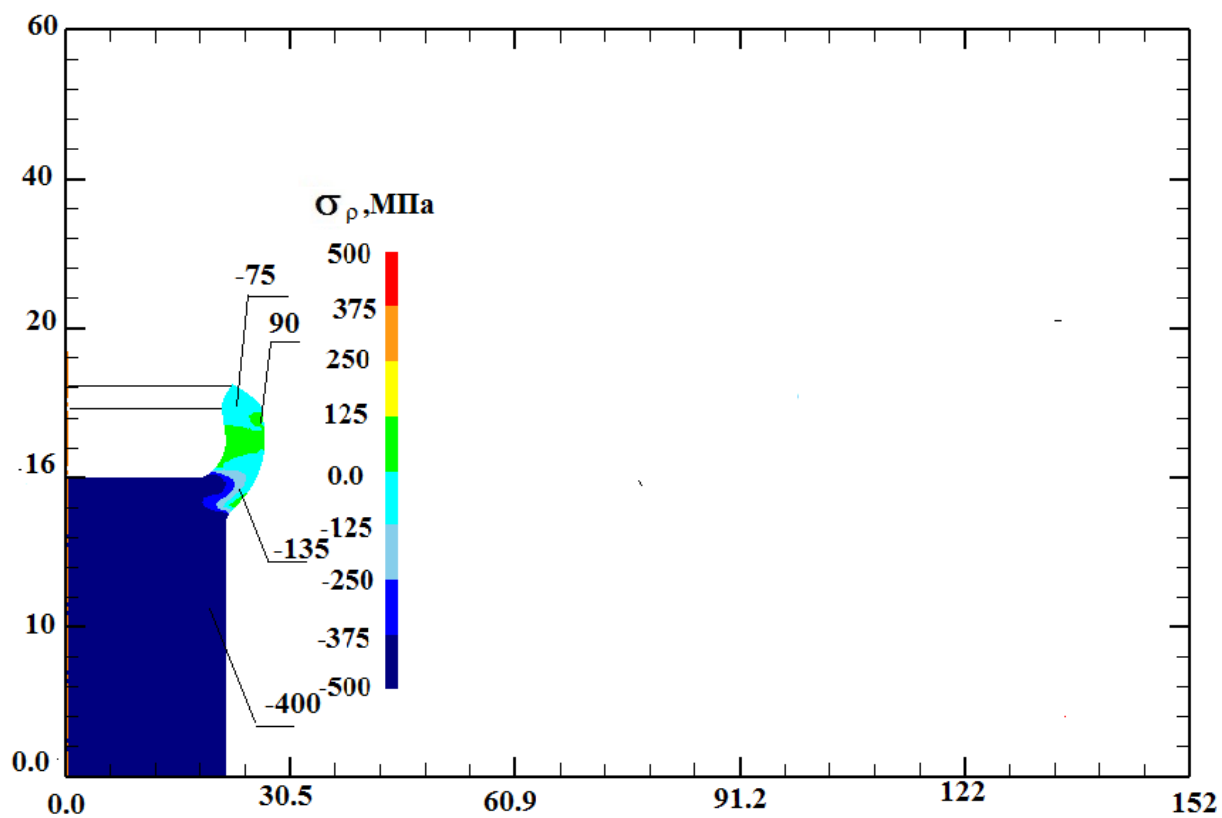
Спостерігаємо , максимальні радіальні напруження виникають в стінці при малому куті . При різних кутах змінюється осередок деформації .











По максимальному розподілу напруження визначаємо кількість бандажу для матриці.

Висновки :

1. При збільшенні кута конуса матриці зменшується зусилля деформування за рахунок зміни напружено-деформованого стану в осередку деформації.
2. Питомі напруження на інструменті σ_z досягають максимального значення при висоті від 0 до 25 °.
3. Ступінь використання ресурсу пластичності досягає максимальних значень від 0° до 25° мм .
4. При малих кутах можна спрогнозувати руйнування стінки заготовки за рахунок мінімальної роздачі стінки.
5. При значеннях 30° мм та 45° мм спостерігаємо зменшення питомих зусиль на інструменті .

4.КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

Загальний вигляд експериментального оснащення для зворотного видавлювання показано на рис. 4.1

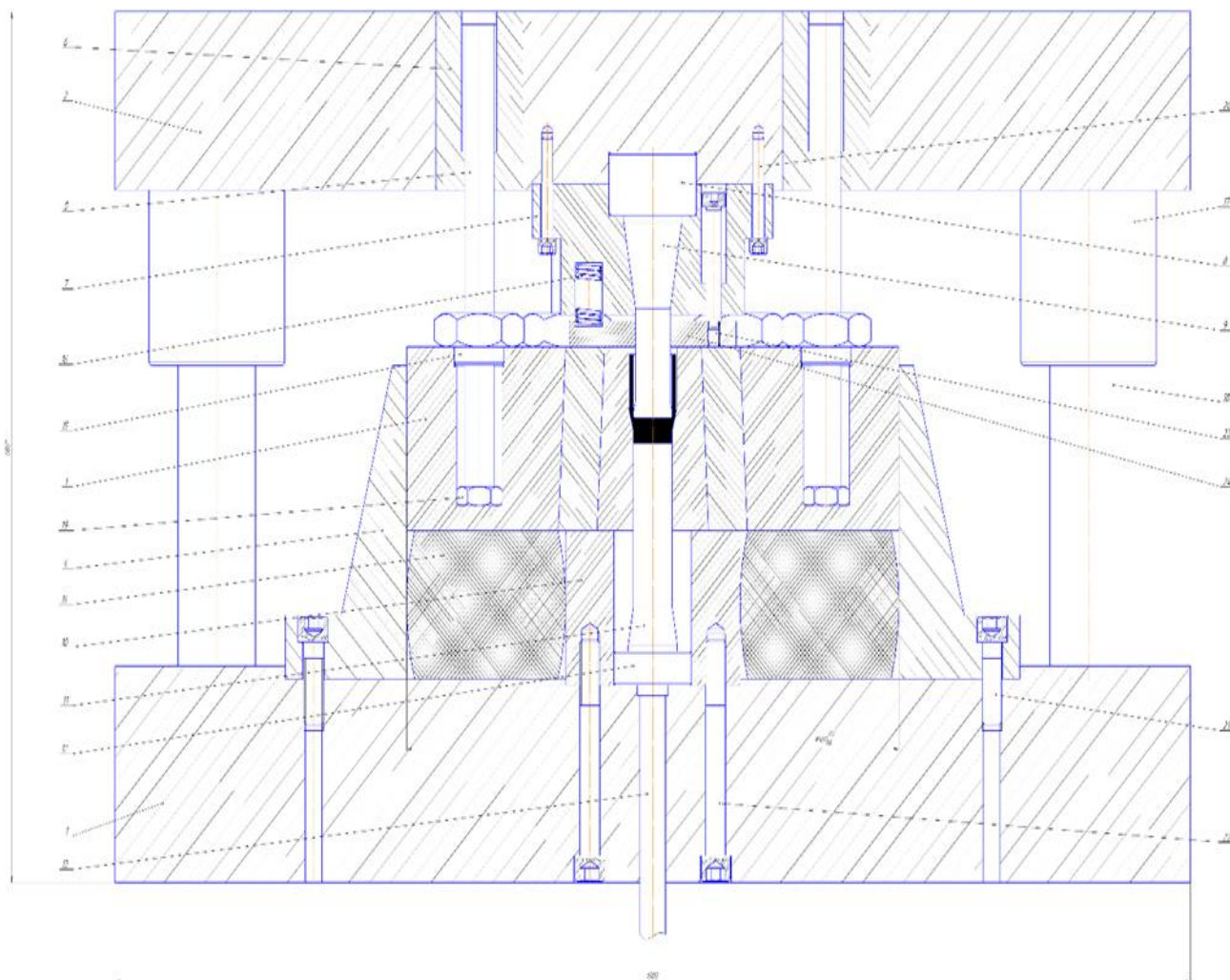


Рис.4.1 Загальний вигляд

До нижньої плити штампа 1 за допомогою гвинтів 21 кріпиться опорне кільце 4 та за допомогою гвинтів 22 втулка 10, в якій знаходиться опорна плитка 12, на якій стоїть виштовхувач 11.

До верхньої плити 2 за допомогою гвинтів 20 кріпиться пуансонотримач 7, в якому розташовані опорна плита 8 та пуансон 9. До пуансонотримача за допомогою ступінчастих гвинтів 23 кріпиться знімальне кільце 24. Між

знімальним кільцем та пуансонотримачем встановлені пружини 16. У верхній плиті встановлені втулки 7, в яких розташовані шпильки 5, на які одягнуті гайки 15, які закручуються додатково у бандажовану матрицю 3.

Рух верхньої плити відносно нижньої здійснюється за допомогою втулок 17 та колонок 18.

Робота штампа

У верхньому положенні верхньої плити матриця 3 знаходиться у опорному кільці 4 на певній відстані. Робочий встановлює вихідну заготовку у матрицю 3.

При опусканні верхньої плити 2 вниз матриця рухається разом із пуансоном та відбувається зворотне видавлювання виробу. Деталь виштовхується з матриці за допомогою виштовхувача 11. У випадку, коли вона залишиться на пуансоні, то знімання відбудеться за рахунок знімального кільця 24.

Дослідження положення заготовки відносно матриці та вплив кута конуса матриці на технологічні параметри процесу зворотного холодного видавлювання зі зменшенням питомого зусилля на деформуючому інструменті .

Штамп встановлювали на гідравлічному пресі П 315 . Загальне зусилля видавлювання визначали за допомогою формул та розрахунків в DEFORM.

Процес холодного зворотного видавлювання зі зменшенням питомих зусиль досліджувати у штампі схема якого показана на рис. . Конструкція цього штампу легко дозволяє змінювати робочий інструмент .

До конструктивних параметрів відносяться : геометрія пуансону та геометрія матриці . В роботі слід визначити вплив геометрії пуансону, так як для процесу зворотного видавлювання цей вплив найбільш суттєвий .

До технологічних параметрів відносяться :

1. Форма вихідної заготовки –діаметр вихідної заготовки , впливає на заповнення профілю ;
2. Ступінь деформації – впливає на зміцнення матеріалу та зусилля процесу ;

3. Наявність неусталеної стадії – дозволяє аналізувати технологічні процеси з самого початку , то б коли вихідна заготовка нездеформована;
4. Локальний характер осередку деформації – дає змогу визначити осередок деформації та отримати розподіли напружень на інструменті;
5. Пружні властивості матеріалу заготовки –отримуємо кінцеву геометрію виробу після зняття навантаження ;
6. Діаграма істинних напружень матеріалу заготовки – маємо можливість врахувати зміцнення матеріалу в процесі деформування ;
7. Діаграма руйнування матеріалу заготовки – оцінюємо ступінь використання ресурсу пластичності , буде руйнування виробу чи ні ;
8. Тип змащення –маємо можливість моделювати процеси з використанням різного типу змащення , з різним коефіцієнтом тертя ;
9. Швидкість деформування –дає можливість моделювати процеси моделювання процесів на різному обладнанні ;
10. Примусове зміщення інструменту –можемо моделювати різні схеми отримання виробів ;
11. Завантаження zdeформованого металу – дозволяє зупинити моделювання процесу видавлювання на будь-якому кроці , зняти прикладене навантаження та почати процес з потрібного місця[25].

Висновки до розділу

Розроблені технологічні рекомендації і методики проектування процесів холодного зворотного видавлювання зі зменшенням питомих зусиль на деформуючому інструменті , конструкції штампового оснащення та стандарне гідропресове обладнання для отримання порожнистих деталей із сталі .

Загальні висновки

В ході магістерської дисертації була проведена робота, яка направлена на зменшення питомих зусиль на деформуючому інструменті та дослідження особливостей та закономірностей впливу конструктивних параметрів (початкового положення заготовки та кут конуса матриці) на процес зворотного холодного видавлювання порожнистих виробів з роздачою.

1. Проведено аналіз сучасного стану досліджень по холодному зворотному видавлюванню порожнистих виробів із сталі, виявлені їх переваги та недоліки. Встановлено напрямки удосконалення технології видавлювання .

2. За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному середовищі DEFORM встановлено вплив початкового положення заготовки відносно кута конуса матриці. Вибране оптимальне положення при зменшенні питомого зусилля на інструменті.

3 . За допомогою комп'ютерного моделювання в програмному середовищі DEFORM встановлено вплив зміни кута конуса матриці на питомі зусилля виникаючі на інструменті.

4. Запропоновано рекомендації для використання на виробництві процесів холодного зворотного видавлювання порожнистих виробів зі сталі. Розроблено конструкцію штампового оснащення для видавлювання порожнистих виробів зі сталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. – 6-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1979. - 520 с., ил.
2. Справочник конструктора штампов: Листовая штамповка/Под общ. ред. Л.И. Рудмана. – М.: Машиностроение, 1988. – 496 с.: ил. – (Б-ка конструктора).
3. Шестаков Н.А. Расчеты процессов обработки металлов давлением. Решение задач энергетическим методом: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2008. – 344 с.
4. Стеблюк В.И., Орлюк М.В. Напряженно-деформированное состояние и возможности интенсификации первой операции вытяжки из профильной заготовки // Вестник НТУУ «КПИ» «Машиностроение». - К.: НТУУ «КПИ». - 1998. - Вып. 33. - с. 365 - 380.
5. Вдовин С.И. Методы расчета и проектирования на ЭВМ процессов штамповки листовых и профильных заготовок. - М.: Машиностроение, 1988. - 157 с.
6. A class of upper bound solutions for sheet drawing through wedge-shaped dies / Mansour Ahmad M.A. // Curr. Adv. Mech. Des. And Prod. IV: Proc. 4th Cairo Univ. MDP Conf., Cairo, 27-29 Dec., 1988. – Oxford etc., 1989. – с. 173 – 180. – Англ.
7. Profondo stampaggio senza rischi / Timessi Pietro // Riv. Mecc.. – 1991. – 42, № 980A. – с. 172 -180. – Ит.
8. Deep drawing of plastically // Chao C.K., Liu C.H., // Theor. And Appl. – 1991. – 15, № 1 . – 35 – 61. – Англ.. Место хранения ГПНТБ СССР.
9. Харламов А.В. DEFORM – программный комплекс для моделирования процессов обработки металлов давлением

- [Электронный ресурс] / А. Харламов, А. Уваров // САПР и графика. Инструменты конструктора-технолога. – 2003. – 5 с. – Режим доступа до работы: http://www.tesis.com.ru/infocenter/downloads/deform/deform_sapr0603.pdf.
10. deform/deform_sapr0603.pdf.
 11. Яковлев С.С., Трегубов В.И., Нечепуренко Ю.Г. // Тульский государственный университет. Заготовки производства в машиностроении 2005, № 4, с. 38-44, 3 ил. Библ. 7 Рус.; рез. англ.
 12. Ворнцов А.Л. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2006, № 7, с. 37-43, 7 ил., табл 3. Библ. 10. Рус.: рез. англ.
 13. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 1985-1987. - Т. 4: Листовая штамповка / Под ред. А.Д. Матвеева. - 544 с.: ил.
 14. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1977. - 422 с.
 15. Попов В.А., Иванов А.Г., Спиридонов Л.Г.. - № 4608066/25-27; Заявл. 23.11.88; Оpubл. 23.09.90, Бюл. № 35.
 16. Завойчинская Э.Б., Кийко И.А. Введение в теорию процессов разрушения твердых тел. Учебное пособие. – М.: Изд. МГУ, 2004 – 169 с.
 17. Кийко И.А. Пластическое течение металлов // Научные основы прогрессивной техники и технологии. – М.: Машиностроение, 1985. - 376 с.
 18. Форрест П. Усталость металлов.- М.: Машиностроение, 1969. - 504 с.
 19. Когаев В.П. Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени. - М.: Машиностроение, 1977. - 232 с.
 20. Динамика, долговечность и живучесть элементов машиностроительных конструкций в задачах и примерах: Учеб.пособие ВСГТУ.- Улан-Удэ: Бурят. кн. изд-во,1997. - 286 с.

21. Джонсон В., Кудо Х. Механика процесса выдавливания металла: Пер. с англ. – М.: Металлургия 1965. – 175 с.
22. Унксов Е. П. Инженерная теория пластичности / Е. П. Унксов. – М.: Машгиз, 1959. – 328 с.
23. Сторожев М. В. Теория обработки металлов давлением / М. В. Сторожев, Е. А. Попов. – 3-е изд. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.
24. Сегал В. М. Технологические задачи теории пластичности. / В. М. Сегал. – Минск: Наука и техника. – 1977. – 254 с.
25. Няшин Ю. И., Ананьев И. Н., Скороходов А. Н. Решение задач обработки металлов давлением методом конечных элементов. / Ю. И. Няшин, И. Н. Ананьев, А. Н. Скороходов // Изв. вузов. Черная металлургия. – 1974. – № 5. – С. 74 – 78.
26. Смирнов Г. В. Технология вытяжки деталей из листового материала: Обзор. – М.: ВНИИПИ, 1986. – 71 с.
27. Харсеев В. Е. – Макроскопические феноменологические модели и теории разрушения обработки металлов давлением/ Харсеев В. Е. – 2013 – 7 с – Университет машиностроения – Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ), г. Москва, Россия.
28. П. А. Моссаковский, Ф. К. Антонов, М. Е. Колотников, Л. А. Костырева – О критериях разрушения металлов при динамическом нагружении / П. А. Моссаковский, Ф. К. Антонов, М. Е. Колотников, Л. А. Костырева – 2011 – 3 с – НИИ механики Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова Научно-производственный центр газотурбостроения «Салют», Москва
29. Л. Б. Гецо, А. С. Семенов, А. И. Рыбников, Е. А. Тихомирова – Критерии разрушения монокристаллических сплавов при статическом и термоциклическом напряжении/ Л. Б. Гецо, А. С. Семенов, А. И. Рыбников, Е. А. Тихомирова / 2012 – 9 с.

30. Агеев Н.П., Данилин Г.А., Огородников В.П. Вытяжка в штампах полых тонкостенных деталей машино- и приборостроения. В двух частях. Часть первая. Механические основы процесса вытяжки. – Тверь: Издательство ГЕРС, 1997. - 338 с.
31. Алексеев В. П., Хаймович А. И. – Анализ критериальных моделей разрушения материалов при обработке резанием / 2014 – 2с – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара
32. Богатов А. А. Механические свойства и модели разрушения металлов: учебное пособие для вузов/А. А. Богатов. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2002. – 329 с.
33. Харитонов В.А.Столяров А.Ю. – Экспериментальное определения критерия разрушения при волочении/ 2012 – 6с – ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», ЗАО «Уралкорд», Россия
34. Власов А. В. - Методика прогнозирования механических свойств материала после холодной деформации по результатам моделирования/ 2012 – 7с – МГТУ им. Н. Э. Баумана– Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, г. Москва, Россия.
35. Власов А. В. Расчет поврежденности металла при холодной радиальной ковке по результатам конечно-элементного моделирования в программе Deform 3D / А. В. Власов// Состояние, проблемы и перспективы развития кузнечно-прессового машиностроения и обработки давлением: сборник докладов и материалов IX Конгресса«Кузнец-2009». – Рязань, 2009. – С. 204–218.
36. Johnson G. R. Fracture characteristics of three metalssubjected to various strain, strain rates, temperatures, pressures / G. R. Johnson, W. H. Cook // Eng. Frac. Mech. – 1985. – №21. – P. 31–48.

37. Cflibration and evaluation of seven fracture models / Wierzbicki T., Bao Y., Lee Y.-W., Bai Y. // Int. J. of Mechanical Sciences. – 2005. – №47. – P. 719–743.
38. Колмогоров В. Л. Механика обработки металлов давлением/ В. Л. Колмогоров. – Екатеринбург: Изд-во Уральского ГТУ, 2001. – 836 с.
39. МакКлинтон Ф., Аргон А. Деформация и разрушение материалов. – М.: Мир, 1970. – 501 с.
40. Власов А.В., Программа расчета поврежденности при холодной пластической деформации металлов для постпроцессора DEFORM3D/ 2009 – 2с – МГТУ им. Н.Э.Баумана, Москва, Россия