

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЛИБОКОГО ХОЛОДНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ТОЧНИХ ЗАГОТОВОК ДЕТАЛЕЙ ТИПУ «СТАКАН». ЧАСТИНА 1

В роботі розглянуті теоретичні основи процесу глибокого холодного видавлювання металу. Процес холодного видавлювання деталей типу «стакан» проаналізований на предмет виникнення браку готової продукції. В результаті аналізу виявлені основні фактори, які впливають на формування геометричної форми штамповки, проаналізовані причини виникнення браку готової продукції. Сформувані завдання подальших досліджень.

Ключові слова: штампування, деформації, видавлювання, матриця, пуансон.

Y. V. SAVITSKY

Khmelnytsky National University

USE OF TECHNOLOGY DEEP COLD EXTRUSION TO OBTAIN ACCURATE STORAGE DETAILS OF "GLASS" TYPE. PART 1

The theoretical foundations of the process of deep cold extrusion of metal are considered in the work. The process of cold extrusion of "glass" parts is analysed for the lack of finished products. The analysis revealed the main factors that influence the formation of the geometric shape of the stamping, analysing the causes of the elimination of the lack of finished products. Formed the tasks of further research. In order to obtain high-quality workpieces and stable operation of the pressing equipment with the largest possible work resource, it is necessary to study the process of cold extrusion for a specific type of parts and pressing scheme. Experimental studies involve high material costs. But today there are specialized software products, such as DEFORM-3D, that allow you to create a computer model of the pressing process, to analyse the factors that maximize the durability of the pressing equipment and to predict the quality parameters of the workpieces. This is the object of further research. Pressing by extrusion is a widespread and highly efficient technology type of metalworking with pressure. Using extrusion operations, a wide range of parts can be manufactured. Pressing by extrusion is widely used in the car and aircraft, instrument and defence industries. The intensive use of extrusion in many metalworking processes is due to such advantages as high productivity, low cost of the product, high coefficient of metal use, high accuracy of sizes and quality of the surface of products, improvement of their mechanical characteristics, as well as the possibility of automation and mechanization of the process.

Keywords: punching, deformation, extrusion, matrix, punch.

Постановка проблеми

Підвищення ефективності виробництва за рахунок розвитку, удосконалення існуючих та розробки й впровадження нових ресурсозберігаючих технологій є важливими задачами сучасного машинобудування. Сучасний розвиток промисловості в світі, в тому числі і в Україні, направлений на удосконалення існуючих та розробку нових технологій, що забезпечують виробництво конкурентоздатної продукції та збереження матеріальних, трудових, енергетичних, екологічних ресурсів [1, 2]. Одним зі шляхів вирішення таких задач в металообробці є широке використання високопродуктивних процесів холодного об'ємного штампування (ХОШ), а саме «видавлювання», яке дозволяє суттєво зменшити витрати металів при забезпеченні точності, високих механічних властивостей та експлуатаційних характеристик виробів.

Штампування видавлюванням є широко поширеним і високоефективним різновидом технології обробки металів тиском. Використовуючи операції видавлювання, можна виготовляти велику номенклатуру найрізноманітніших деталей, таких як великолітражні балони, спеціальні посудини і ємності, поршневі пальці для двигунів автомобілів, кільця підшипників, траки для гусениць тракторів і танків та інших відповідальних виробів [3].

Штампування видавлюванням широко використовується в автомобіле- та літакобудуванні, в приладобудуванні та оборонній промисловості. Інтенсивне застосування видавлювання в багатьох технологічних процесах металообробки обумовлено такими перевагами, як висока продуктивність, низька собівартість виробу, великий коефіцієнт використання металу, висока точність розмірів і якість поверхні виробів, поліпшення їх механічних характеристик, а також можливість автоматизації та механізації процесу. Ці переваги зумовлюють те, що в цілому ряді випадків, особливо в ході велико-серійного і масового виробництва, видавлювання є найбільш раціональним способом отримання виробів заданої форми [4].

Виклад основного матеріалу

Під час виробництва заготовок типу «стакан» (рис. 1) отримується великий відсоток бракованої продукції. Це обумовлено, з одної сторони, недосконалою конструкцією штампа, внаслідок чого заготовка не доштамповується, тобто не отримує розрахункової (теоретичної) конфігурації вже як готова заготовка. З іншої сторони, внаслідок великих напружень при видавлюванні швидко виходить з ладу штампова оснастка (матриця або пуансон), що також призводить до браку готової заготовки [2, 5].

Перехід заготовки у готовий виріб

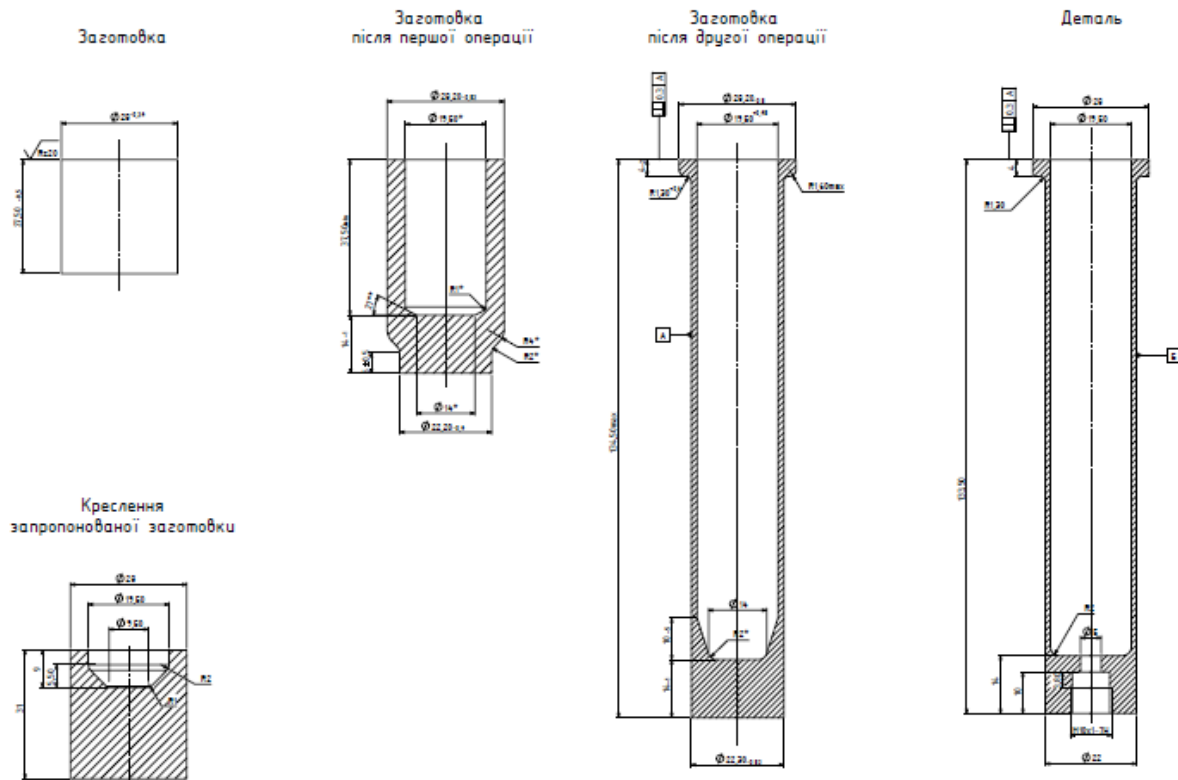


Рис. 1. Креслення заготовок та готового виробу

Загальні проблеми при видавлюванні заготовок типу «стакан»

Анізотропія видавлюваного матеріалу. Анізотропним матеріалом називається матеріал [6], що володіє в різних напрямках різними властивостями. Анізотропія механічних властивостей металевих матеріалів обумовлена, по-перше, особливостями їх кристалічної будови, а, по-друге, особливостями структури, що виходить в результаті обробки методами пластичного деформування. Кристалічна анізотропія називається також гомогенною анізотропією і є наслідком анізотропії самого кристала, що становить основу металу. Однак, оскільки метали складаються з великого числа хаотично орієнтованих один щодо одного мікроскопічних кристалів, пов'язаних в зерна, взаємна орієнтація яких також досить різноманітна, то це призводить до того, що гомогенна анізотропія у полікристалічних металів практично відсутня.

Під час обробки металів тиском з'являється текстура, тобто певна орієнтація складових структуру зерен і міжзернових включень, обумовлена їх витягуванням вздовж напрямку пластичної течії при обробці тиском. Анізотропія, обумовлена орієнтацією структури матеріалу, називається гетерогенною анізотропією. У металевих матеріалів після прокатки або пресування, як правило, виникають волокниста, стрічкова, а також пластинчаста структури. Волокниста і стрічкова структури характерні для сталей, а у алюмінієвих сплавів зерна мають форму не волокон, а пластин, що сприяє утворенню шаруватої структури матеріалу і ще більшому прояву анізотропії. До гетерогенної анізотропії відносять також конструктивну анізотропію, яка виявляється, наприклад, у шаруватих або волокнистих композиційних матеріалів, у яких відмінності поздовжньої і поперечної напружки текучості ще більше зростають.

Отже, на силу деформування і одержувані властивості при видавлюванні заготовок з гарячекатаних або пресованих прутків впливає волокниста структура, яка обумовить вихідну анізотропію властивостей видавлюється матеріалу, при якій властивості міцності вздовж волокон значно вище, ніж впоперек. Ці співвідношення необхідно брати до уваги при холодному деформуванні; зокрема, при холодному видавлюванні заготовку раціонально розташовувати таким чином (рис. 2), щоб напрямок її волокон був перпендикулярним напрямку сили деформування.

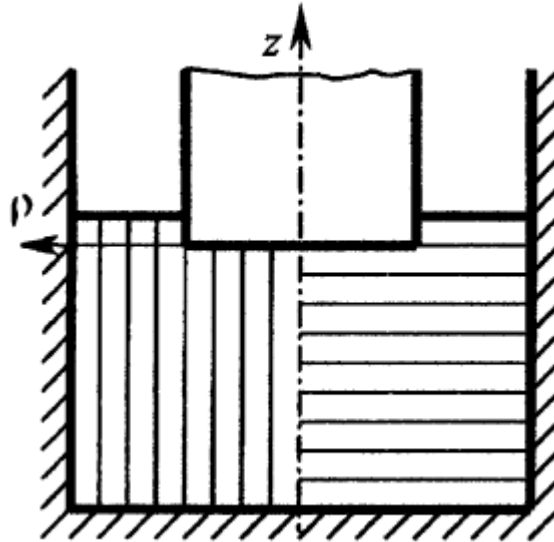


Рис. 2. Можливі розташування волокон структури видавлюваної заготовки

Розрахунки показують, що при збільшенні деформуючої сили вздовж волокон (рис. 2, ліворуч) уточнення за рахунок урахування анізотропії традиційно застосовуваних для видавлювання матеріалів буде незначним (близько 1,5-2%), у зв'язку з чим для розрахунку питомої сили в даному випадку доцільно використовувати звичайні формули. Якщо ж матеріал володіє значною анізотропією, то для розрахунку питомої сили, особливо у випадку видавлювання поперек волокон (рис. 2, праворуч) потрібно застосовувати уточнювальні коефіцієнти та враховувати інші важко передбачувані обставини. В результаті розрахунки стають надто неточними і важливу роль відіграє доопрацювання штампової оснастки вже після її виготовлення, що призводить до здорожчання кінцевої продукції.

Застійна зона під торцем пуансона. Застійною [5] називається зона, розташована між вогнищем пластичної деформації і формотворчим інструментом область заготовки, в якій відсутній ріст пластичної деформації. Основною причиною утворення застійної зони є контактне тертя, стримуюче деформацію в приконтактних шарах заготовки. При відсутності мастила застійна зона з'являється під торцем пуансона вже в початковий момент видавлювання. Якщо ж видавлювання здійснюється з мастилом, то в початковий момент деформування, коли мастильний шар досить ефективний і, відповідно, коефіцієнт тертя малий, застійна зона відсутня (рис. 3, ліворуч).

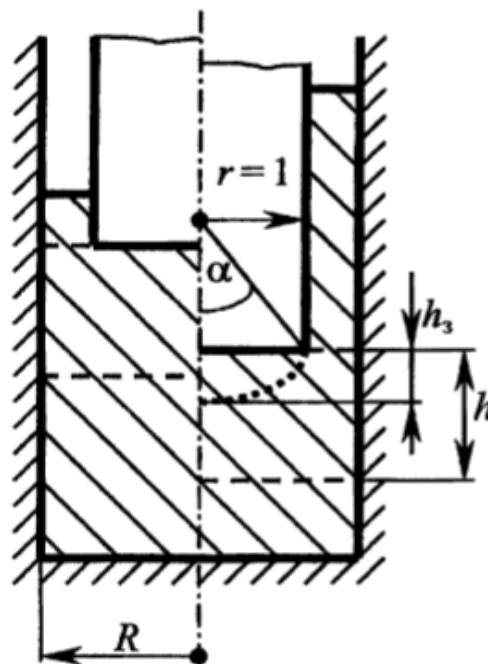


Рис. 3. Утворення застійної зони під торцем пуансона

У міру збільшення робочого ходу мастильний шар починає виснажуватися, в результаті чого

спочатку утворюється зона утрудненою деформації, тобто зона, в якій накопичена деформація зростає значно менш інтенсивно, ніж у сусідніх зонах вогнища пластичної деформації. При подальшому збільшенні робочого ходу тертя ще більше зростає, і зона утрудненої деформації перетворюється на застійну зону (рис. 3, праворуч), в якій практично повністю припиняється ріст накопиченої деформації. В результаті в застійній зоні будуть значно менші опрацювання металу і підвищення його міцності в порівнянні з іншими частинами виробу. У мало пластичних матеріалів можливий скол, що починається на кордоні застійної зони з кромкою торця пуансона і призводить іноді до повного відділення розташованого в цій зоні металу від іншої частини виробу.

Стягнення на зовнішній кромці дна виробу. Стягнення [4, 6] – це дефект форми штампованого виробу, пов'язаний з порушенням контакту деформуючого матеріалу з інструментом. При видавлюванні стаканів стягнення проявляється у вигляді підняття дна виробу в зоні його переходу в зовнішню поверхню стінки стакану (рис. 4). Як правило, це є суттєвим недоліком, оскільки форма і розміри штампованого виробу повинні визначатися геометрією штапного інструменту, а не випадковими факторами, що приводять до нестабільної мимовільної геометрії.

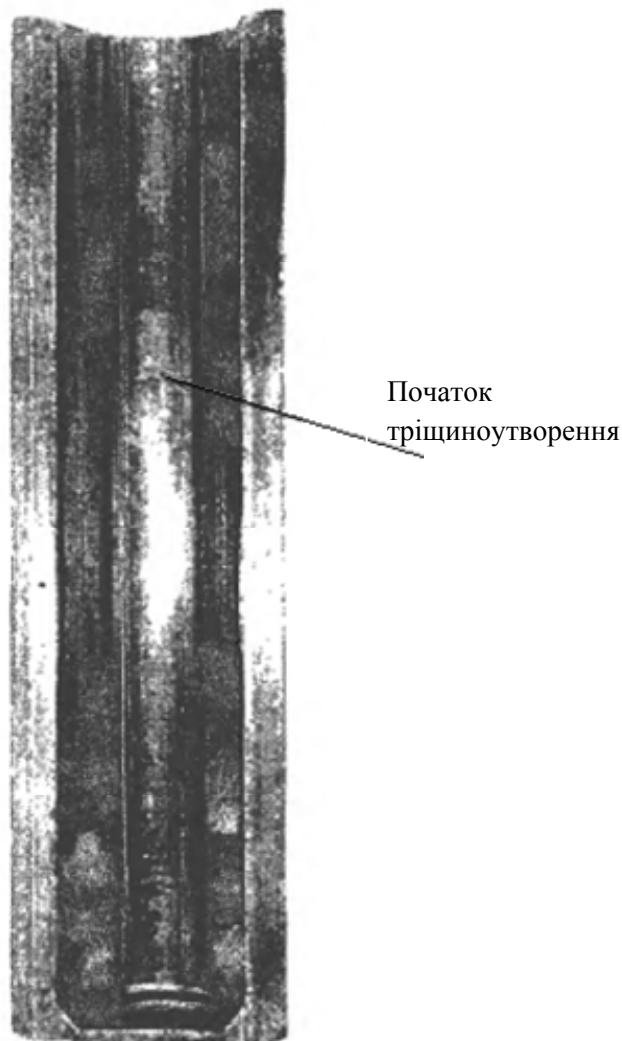


Рис. 4. Стягнення та тріщиноутворення на стакані (матеріал – сталь 20 кп)

Руйнування. Встановлено, що в окремих зонах вогнища пластичної деформації величини накопиченої деформації безперервно зростають зі збільшенням робочого ходу пуансона [2]. При певній величині робочого ходу вичерпується ресурс пластичності матеріалу, що призводить до появи тріщин у одержуваному виробі. Тому для одержання високоякісних виробів необхідно визначити параметри, потрібні для розрахунку граничного формозмінення заготовки при видавлюванні за існуючими теоріями руйнування.

Такими параметрами, згідно з роботою [5], є величини накопиченої деформації e_i , гідростатичного тиску σ та, у разі яскраво вираженої залежності властивостей матеріалу від швидкості деформації, інтенсивність швидкостей деформації ξ в небезпечній точці вогнища пластичної деформації.

В даному випадку найбільшою проблемою є поломка робочого інструменту, а саме пуансона. Поломка робочого інструменту виникає в різний час робочого ходу та незалежно від кількості оброблених

деталей.

Висновки

Для отримання якісних заготовок та стабільної роботи штампової оснастки з максимально великим ресурсом роботи потрібно дослідити сам процес холодного видавлювання для конкретного виду деталей та схеми штампування. Експериментальні дослідження пов'язані з великими матеріальними затратами. Але сьогодні існують спеціалізовані програмні продукти, наприклад DEFORM-3D, які дозволяють створити комп'ютерну модель процесу штампування, проаналізувати фактори, які дозволяють максимально підвищити довговічність штампової оснастки та спрогнозувати якісні параметри отримуваних заготовок. Це і є об'єктом подальших досліджень.

Література

1. Воронцов А.Л. Теория штамповки выдавливанием / А. Л. Воронцов. – М. : Машиностроение -1, 2004. – 721 с.
2. Холодная объемная штамповка / под ред. Г.А. Навроцкого. – М. : Машиностроение, 1987. – 384 с.
3. Теория пластических деформаций металлов / под ред. Е.П. Ункова, А.Г. Овчинникова. – М. : Машиностроение, 1983. – 598 с.
4. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 3. Холодная объемная штамповка / под ред. Г.А. Навроцкого. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
5. Кротенко Г. А. Аналіз процесів видавлювання в умовах тривимірної течії металу / Кротенко Г. А. – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – 20 с.
6. Бэкофен В. Процессы деформации / Бэкофен В. ; пер. с англ. – М. : Metallurgiya, 1987. – 208 с.

References

1. Vorontsov A.L. (2004). Theory of extrusion stamping. M.: Mechanical Engineering 1, 721 p.
2. Cold forging (1987), ed. G.A. Navrotskogo. M.: Engineering, 384 p.
3. The theory of plastic deformation of metals (1983), ed. E.P. Unksova, A.G. Ovchinnikov. M.: Engineering, 598 p.
4. Forging and Stamping: A Handbook. Vol. 3. The cold forging (1989), ed. G.A. Nawrocki. M.: Engineering, 368 p.
5. Krotenko G.A. Analysis of extrusion processes in terms of three-dimensional metal flow (2011). Kharkiv: NTU "KhPI", 20 p.
6. Bakofen V. (1987). Deformation processes. M.: Metallurgy, 208 p.

Рецензія/Peer review : 9.06.2019 р.

Надрукована/Printed : 23.07.2019 р.
Рецензент: д.т.н., проф. А.І. Гордєєв