

РОЗДІЛ IV ОБЛАДНАННЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ОБРОБКИ ТИСКОМ

УДК 621.96.002.5

DOI: 10.37142/2076-2151/2022-1(51)154

Алієв І. С.
Марков О. Є.
Карнаух С. Г.

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ШТАМПІВ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ПРОФІЛІВ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ НА МІРНІ ЗАГОТОВКИ

Метою даної роботи є розробка перспективної конструкції штампів, в якому реалізована двохопорна схема відрізки зсувом заготовок складної несиметричної конфігурації та переднього упору до цього штампів. На підставі літературного та патентного пошуків визначено, що найбільш перспективною із усіх схем для розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки, є багатоопорна схема відрізки, а саме – двохопорна схема. Застосування двохопорної схеми відрізки зсувом дозволяє у двічі підвищити продуктивність процесу відрізки. Особливістю двохопорної схеми є те, що перша і друга заготовки знаходяться у неоднакових напружено-деформованих станах при відрізці. Перша заготовка відділяється по одній поверхні розділу, а друга – по двох поверхнях розділу за рахунок двохопорної симетричної схеми. Перша заготовка має гірші показники геометричної точності, а друга – кращі показники геометричної точності та якості заготовки у цілому. Тобто симетричне навантаження усуває згин відрізаніх заготовок, забезпечує притискання заготовки до ножа, виключає необхідність поперечного затиску, і сприяє підвищенню геометричної точності заготовок. Проведено моделювання процесу розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки за схемою двохопорної відрізки зсувом за допомогою спеціалізованого програмного комплексу DEFORM 3D, а також експериментальні дослідження щодо моделювання процесу розділення заготовок із модельного матеріалу – пластиліну. Результати проведених досліджень підтвердили ефективність застосування двохопорної схеми відрізки зсувом, яка забезпечує задовільну якість отриманих заготовок. Більш високу якість має заготовка, яка відрізана за симетричною схемою навантаження. Основною проблемою таких штампів є те, що перша відрізнена заготовка може бути видалена із робочої зони штампів способом прошивання штанги. При цьому упор, синхронно з переміщенням верхнього рухомого ножа до крайнього нижнього положення, повинен повернутися у вихідне положення, синхронно з поверненням у вихідне положення верхнього ножа. Для цього розроблено чотири перспективні конструкції переднього упору до штампів для розділення заготовок за схемою двохопорної відрізки зсувом, які забезпечують синхронну роботу упору з роботою самого штампів. Запропоновані конструкції забезпечують надійну роботу переднього упору штампів і підвищують культуру виробництва. Результати роботи можуть бути використані у заготівельному виробництві при розділенні сортового прокату на мірні заготовки.

Ключові слова: упор, штамп, двохопорна схема, відрізка зсувом, геометрична точність, заготовка, якість, надійність.

На сучасному етапі розвитку машинобудування задача економічного використання енергоресурсів і металу при його переробці має важливе значення і є актуальною.

Без розробки ефективного способу поділу сортового прокату на мірні заготовки неможлива розробка перспективної технології виробництва деталей.

При серійному та крупносерійному виробництві найбільш доцільним є застосування безвідхідного способу розділення сортового прокату відрізкою зсувом, який реалізується в штампів на пресах. Комплексні дослідження безвідходних способів поділу сортового прокату широко проводилися на території країн колишнього СРСР: «Мосстанкін», «ЕНІКМАШ», «Воронежське ВО по випуску важких механічних пресів», «Донпресмаш», «Харківський авіаційний інститут», «Кишинівський політехнічний інститут», «Донецький фізико-технічний інститут», так і за кордоном: Англія, Німеччина, Японія та ін. За цей час накопичено великий об'єм відомостей про природу, механізми та критерії руйнування. У розвиток цієї науки внесли істотний

внесок вчені: К. Kessler, О. Keller, Т. Nakagawa, Т. Ekobori, Е. Orovan, А. П. Гуляєв, і багато інших [1–4].

Слід зазначити значний внесок у створення теорії, технології й устаткування для безвідхідного поділу сортового прокату, який внесли вчені: Е. А. Попов, В. Т. Мещерин, К. Н. Богоявленський, В. А. Тимощенко, В. П. Романовський, В. А. Скороход, Е. М. Трет'яков, П. Е. Кислий, В. М. Кононенко, В. М. Финкель, С. С. Соловцев, Н. Л. Лисунець і ін. [5-11].

Якщо способи безвідхідного поділу прокату простих форм достатньо добре вивчені, то цього не можна стверджувати щодо поділу профілів складної несиметричної конфігурації. Недостатньо добре досліджені як технологія, так і штампове оснащення для поділу таких профілів способом відрізки зсувом на мірні заготовки для того, щоб науково обґрунтовано розробити технології, призначити режими деформації. Відсутні працездатні конструкції упорів, не визначені раціональні області їх застосування.

Метою даної роботи є розробка перспективної конструкції штампа, в якому реалізована двохопорна схема відрізки зсувом заготовок складної несиметричної конфігурації та переднього упору до цього штампа.

Одним із профілів складної несиметричної конфігурації є П-подібний несиметричний профіль. На підставі літературного та патентного пошуків [12] визначено, що найбільш перспективною із усіх схем для розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки, є багатоопорна схема відрізки. Найбільш часто використовують двохопорну схему відрізки. Тому за принципову схему штампа була обрана саме двохопорна схема відрізки.

Принципова схема штампа для двохопорної відрізки зсувом представлена на рис. 1 [13]. Штанга 1 подається до упору 2 і розміщується на опорних поверхнях нерухомих ножів 3,4. Верхній рухомий ніж 5, під дією сили приводу, рухається вниз і здійснює відрізок одразу двох заготовок.

Застосування двохопорної схеми відрізки зсувом дозволяє у двічі підвищити продуктивність процесу відрізки. Особливістю двохопорної схеми є те, що перша і друга заготовки знаходяться у неоднакових напружено-деформованих станах при відрізці. Перша заготовка відділяється по одній поверхні розділу, а друга – по двох поверхнях розділу при двохопорному симетричному розміщенні частини прутка. Перша заготовка має гірші показники геометричної точності, а друга – кращі показники геометричної точності та якість заготовки у цілому. Тобто симетричне навантаження усуває згин відрізаних заготовок, забезпечує притискання заготовки до ножа, виключає необхідність поперечного затиску, і сприяє підвищенню геометричної точності заготовок (див. рис. 1).

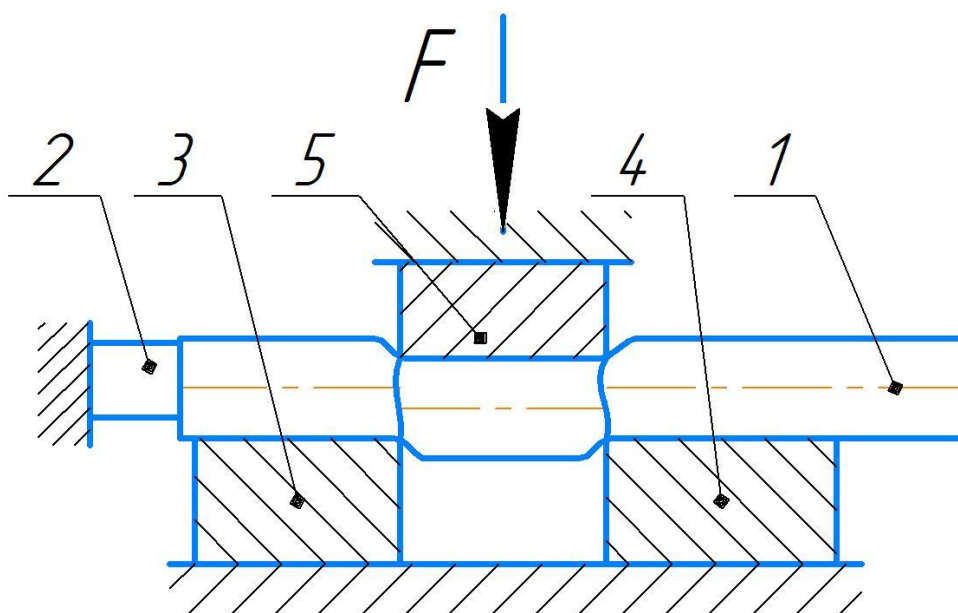


Рис. 1. Принципова схема штампа, в якому реалізована двохопорна схема відрізки зсувом [13]

Для підтвердження зроблених висновків, щодо геометричної точності відрізаних заготовок, проведено моделювання процесу розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки за схемою двохопornoї відрізки зсувом за допомогою спеціалізованого програмного комплексу DEFORM 3D. Результатом розділення є деталь – клема роздільного рейкового скріплення залізничної колії із сталі Ст 4кп (ДСТУ 2651-94) із розмірами, вказаними на рис. 2.

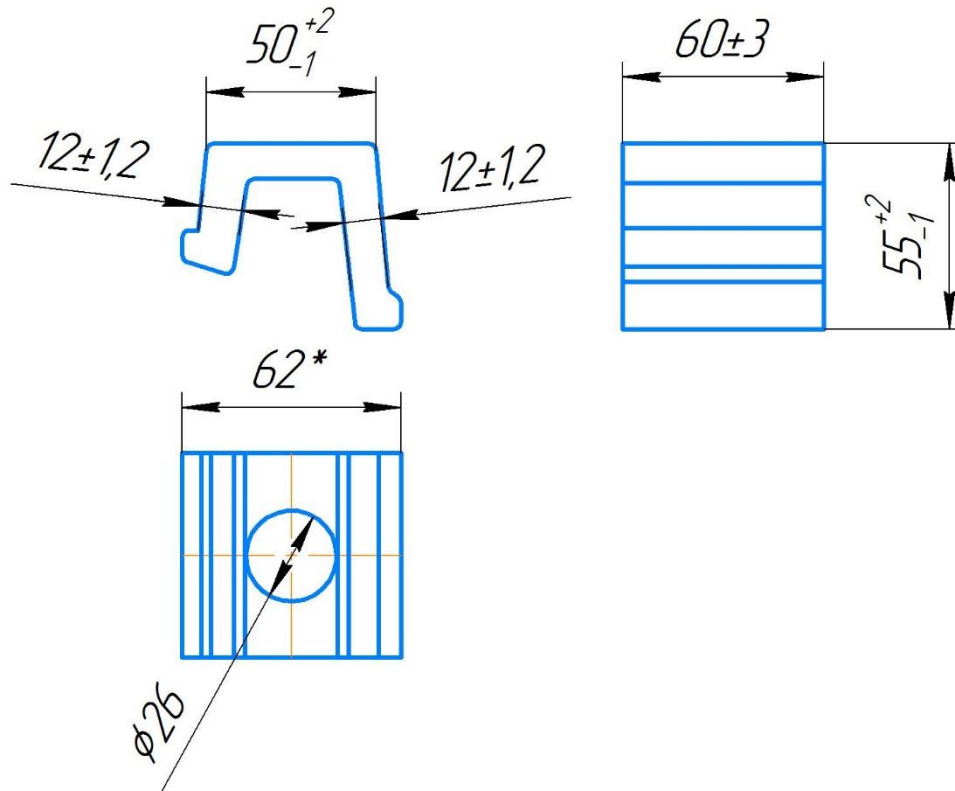


Рис. 2. Деталь «Клема роздільного рейкового скріплення залізничної колії»

Результати розрахунку представлено на рис. 3. Аналіз проведених розрахунків показує, що застосування двохопornoї схеми забезпечує можливість отримання заготовок задовільної геометричної точності. Більш високу якість має заготовка, яка відрізана за симетричною схемою навантаження.

Проведені експериментальні дослідження щодо моделювання процесу розділення заготовок із модельного матеріалу – пластиліну (рис. 4) підтвердили результати моделювання DEFORM 3D. Геометрична точність заготовки, які відрізаються за симетричною схемою «на провал», має більш високі показники якості.

Для забезпечення нормальної роботи штампа, в якому може бути реалізована двохопorno схема відрізки зсувом заготовок складної несиметричної конфігурації, необхідно запропонувати конструкцію переднього упору, робота якого повинна бути синхронізована з кінематикою роботи самого штампа.

Основною проблемою таких штамсів є те, що перша відрізана заготовка може бути видалена із робочої зони штампа способом проштовхування штанги. При цьому упор 2 (див. рис. 1), синхронно з переміщенням верхнього ножа до крайнього нижнього положення, повинен переміститися із свого положення для того, щоб звільнити місце для видалення заготовки із робочої зони штампа. У заключний період видалення першої заготовки упор повинен повернутися у вихідне положення, синхронно з поверненням у вихідне положення верхнього ножа. Це необхідно зробити для того, щоб обмежити переміщення штанги, яка займає вихідне положення для здійснення наступного робочого ходу.

На жаль, в літературі конструкції подібних передніх упорів відсутні. Тому в даній статті запропоновано декілька конструкцій, які мають свої переваги та недоліки.

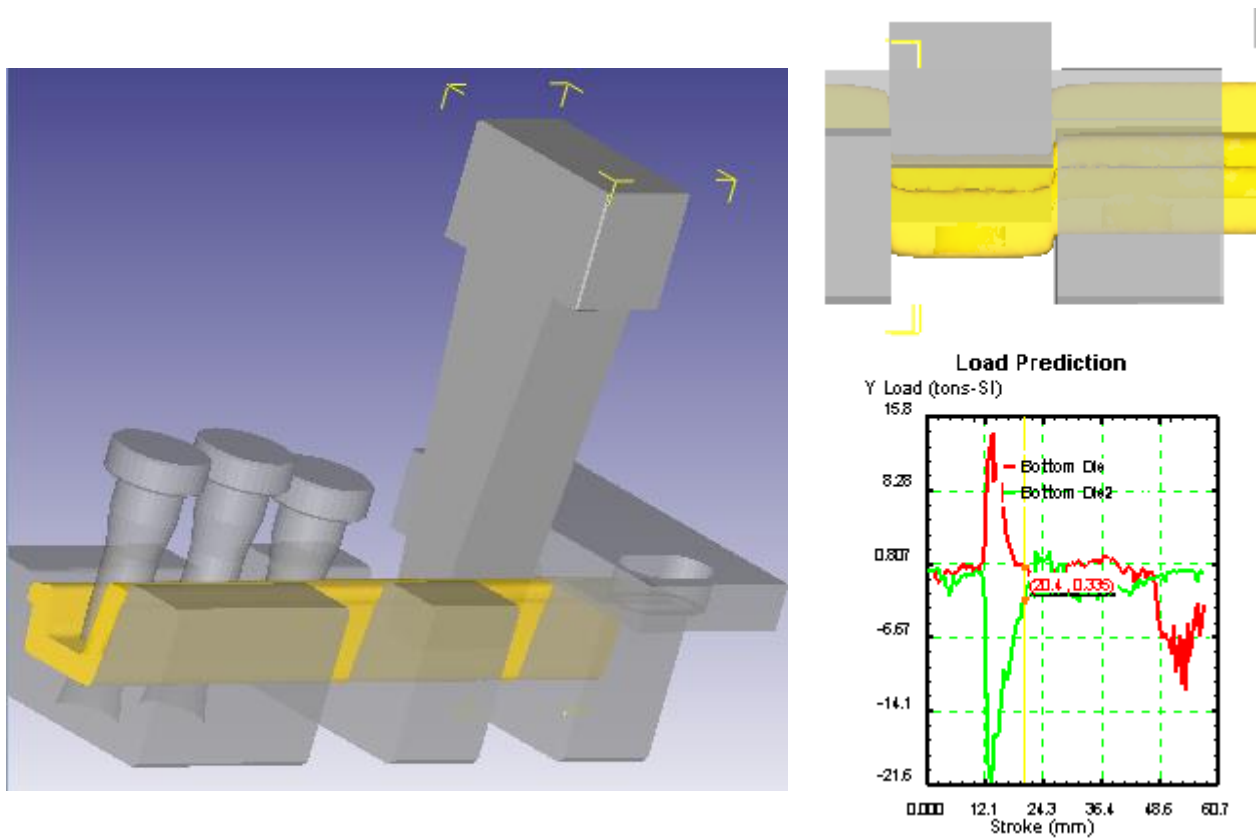


Рис. 3. Результати розрахунків за допомогою програми DEFORM 3D



Рис. 4. Результати експерименту

Перша конструкція запропонованого упору збудована на застосуванні клинового механізму, який працює надійно та має достатню жорсткість. Упор здійснює горизонтальний зворотно-поступальний рух. Упор до штампа для розділення сортового прокату (рис. 5) містить: корпус 1, встановлений з можливістю осьового і вертикального переміщення на задану відстань відповідно довжині відрізаємої мірної заготовки із сортового прокату 2, упор, який виконано у вигляді плити 3, встановленої у напрямних 4 корпусу 1 з можливістю горизонтального зворотно-поступального руху і підпружиненої за допомогою пружини 5 та шпильок 6 відносно корпусу 1, Плита 3 контактує по клиновій поверхні з клином 7, встановленим у напрямних корпусу 1 з можливістю вертикального зворотно-поступального руху. Вихідне положення клину 7 фіксується за допомогою гвинта 8.

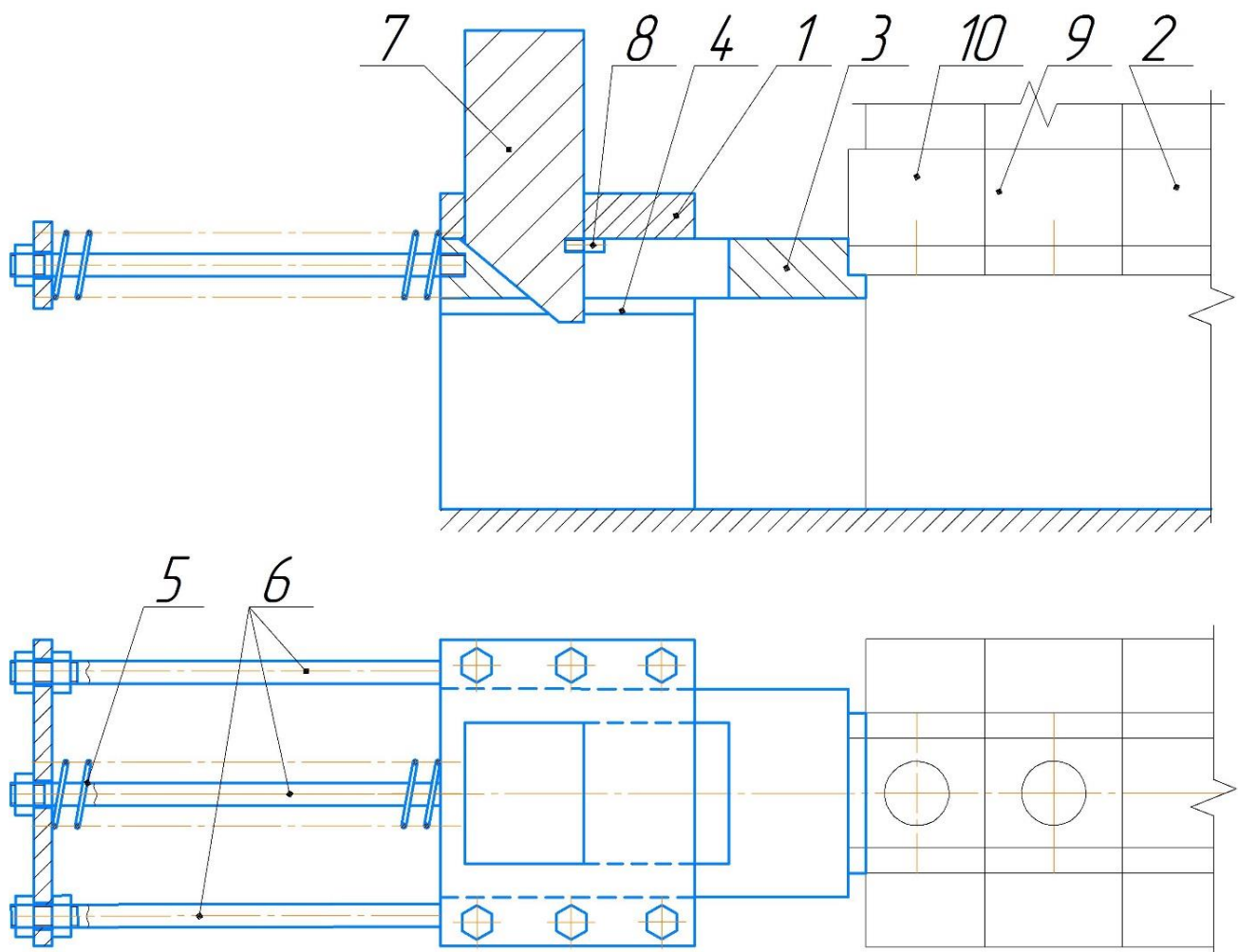


Рис. 5. Конструкція упору до штампа

Дана конструкція переднього упору вирішує поставлені задачі. Але спричиняє досить великі навантаження на направляючі плити 3 внаслідок великих значень кута клину 7, обраного таким з метою зменшення вертикального ходу клину 7 та збільшення горизонтального ходу плити 3.

Упор до штампа для розділення сортового прокату працює у такий спосіб. Сортовий прокат 2 подається у робочу порожнину ножів штампа, в якому реалізована схема двохопорної відрізки зсувом, до упору в плиту 3. При робочому ході преса повзун (не показаний) рухається вниз, здійснюючи відрізку одночасно двох заготовок, одна з яких (9) видаляється «на провал», а друга (10) залишається у робочій порожнині штампа. Одночасно при цьому повзун взаємодіє з клином 7, вихідне положення якого фіксується за допомогою гвинта 8. Під дією сили повзуна клин 7 рухається вертикально у напрямних корпусу 1 і забезпечує горизонтальне переміщення плити 3 в сторону від відрізаємої заготовки 10, звільняючи перед нею простір. Це дозволяє, у момент повернення повзуна преса у вихідне положення, проштовхнути відрізану заготовку 10 штангою сортового прокату 2 із робочої порожнини ножів штампа. Відрізана заготовка 10 під дією сили тяжіння падає в тару. Цикл роботи упору до штампа поновлюється.

Наступна конструкція упору відрізняється тим, що відрізана заготовка видаляється із робочої зони безпосередньо самим упором, за рахунок горизонтального зворотно-поступального руху. Ця конструкція підходить для відрізки заготовок, в яких попередньо пробитий отвір.

Упор до штампа для розділення сортового прокату (рис. 6) містить: корпус 1, встановлений з можливістю осьового і вертикального переміщення на задану відстань відповідно до довжини мірної заготовки, відрізаємої від сортового прокату 2 і упор. Упор виконано у вигляді плити 3, встановленої у напрямних 4 корпусу 1 з можливістю горизонтального зворотно-поступального руху і підпружиненої за допомогою пружини 5 та шпильок 6 відносно корпусу 1,

яка контактує по клиновій поверхні з клином 7, встановленим у напрямних корпусу 1 з можливістю вертикального зворотно-поступального руху. Вихідне положення клину 7 фіксується за допомогою гвинта 8. При цьому в отворі плити 2 розміщено уловлювач 9 з клиновою поверхнею 10 з можливістю взаємодії з отвором відрізаної заготовки 11 і підпружинено пружиною 12, яка утримується планкою 13.

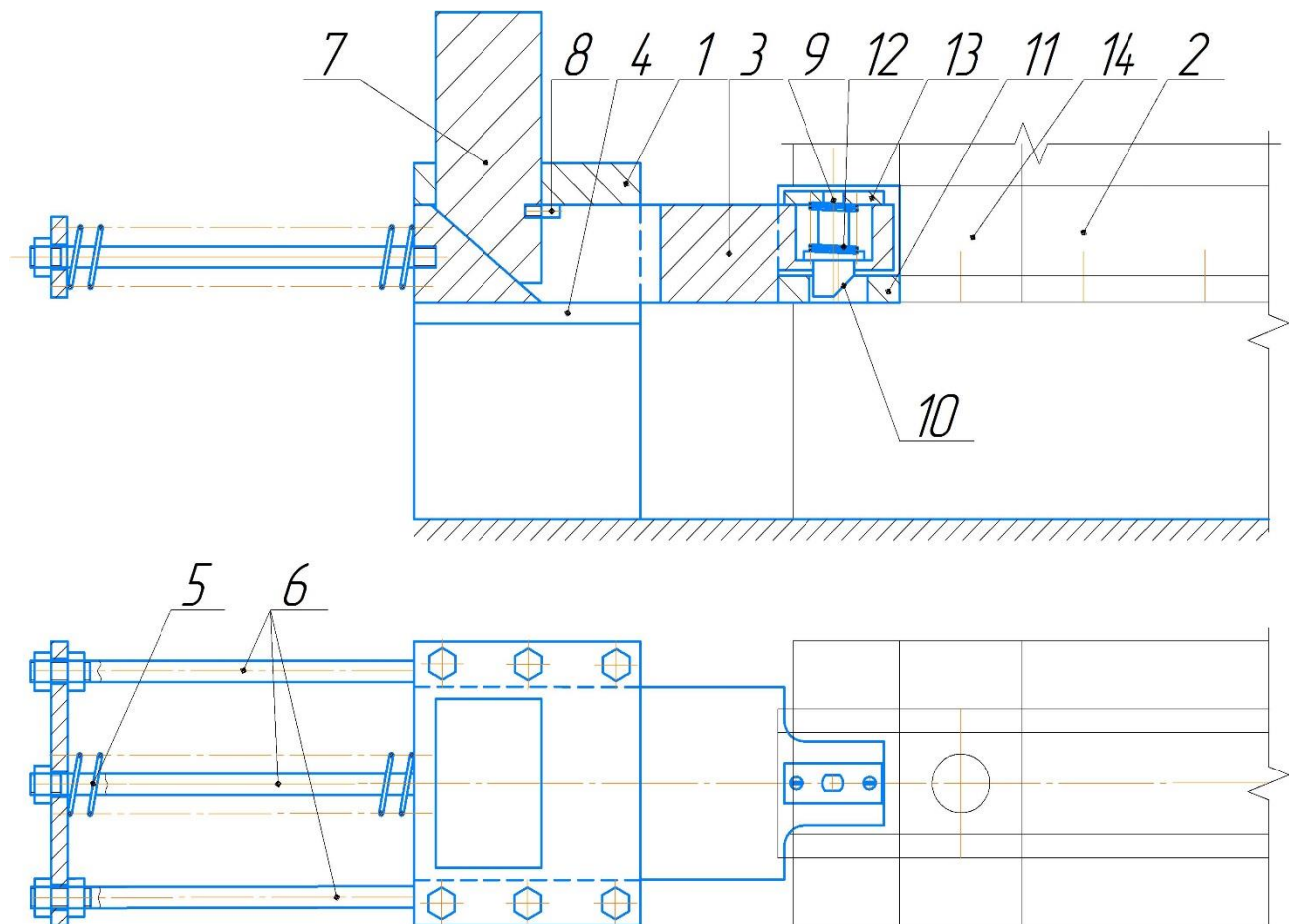


Рис. 6. Конструкція упору до штампа

Упор до штампа для розділення сортового прокату працює у такий спосіб. Сортовий прокат 2 подається у робочу порожнину ножів штампа, в якому реалізована схема двоопорної відрізки зсувом, до упору в плиту 3. При цьому прокат 2 під дією зусилля подачі взаємодіє з клиновою поверхнею 10 уловлювача 9, який, спочатку, витискається угору, а потім, під дією пружини 12, займає місце в отворі заготовки 11, забезпечуючи відрізку заготовок заданої довжини. При робочому ході преса повзун (не показаний) рухається вниз, здійснюючи відрізку одночасно двох заготовок, одна з яких 14 видаляється «на провал», а друга 11 залишається у робочій порожнині штампа. Одночасно при цьому повзун взаємодіє з клином 7, вихідне положення якого фіксується за допомогою гвинта 8. Клин 7 рухається вертикально у напрямних корпусу 1 та, в свою чергу, забезпечує горизонтальне переміщення плити 2, яка за рахунок уловлювача 9, що знаходиться в отворі заготовки, видаляє відрізану заготовку 11 із робочої порожнини штампа. Заготовка 11 за рахунок сили тяжіння вільним падінням потрапляє в тару. Цикл роботи упору до штампа поновлюється.

Наступна конструкція упору (рис. 7) забезпечує вертикальне переміщення самого упору для вивільнення простору з метою видалення відрізаної заготовки з робочої зони штампа. При цьому сигнал на «спрацювання» упору йде від штанги, якою проштовхується відрізана заготовка.

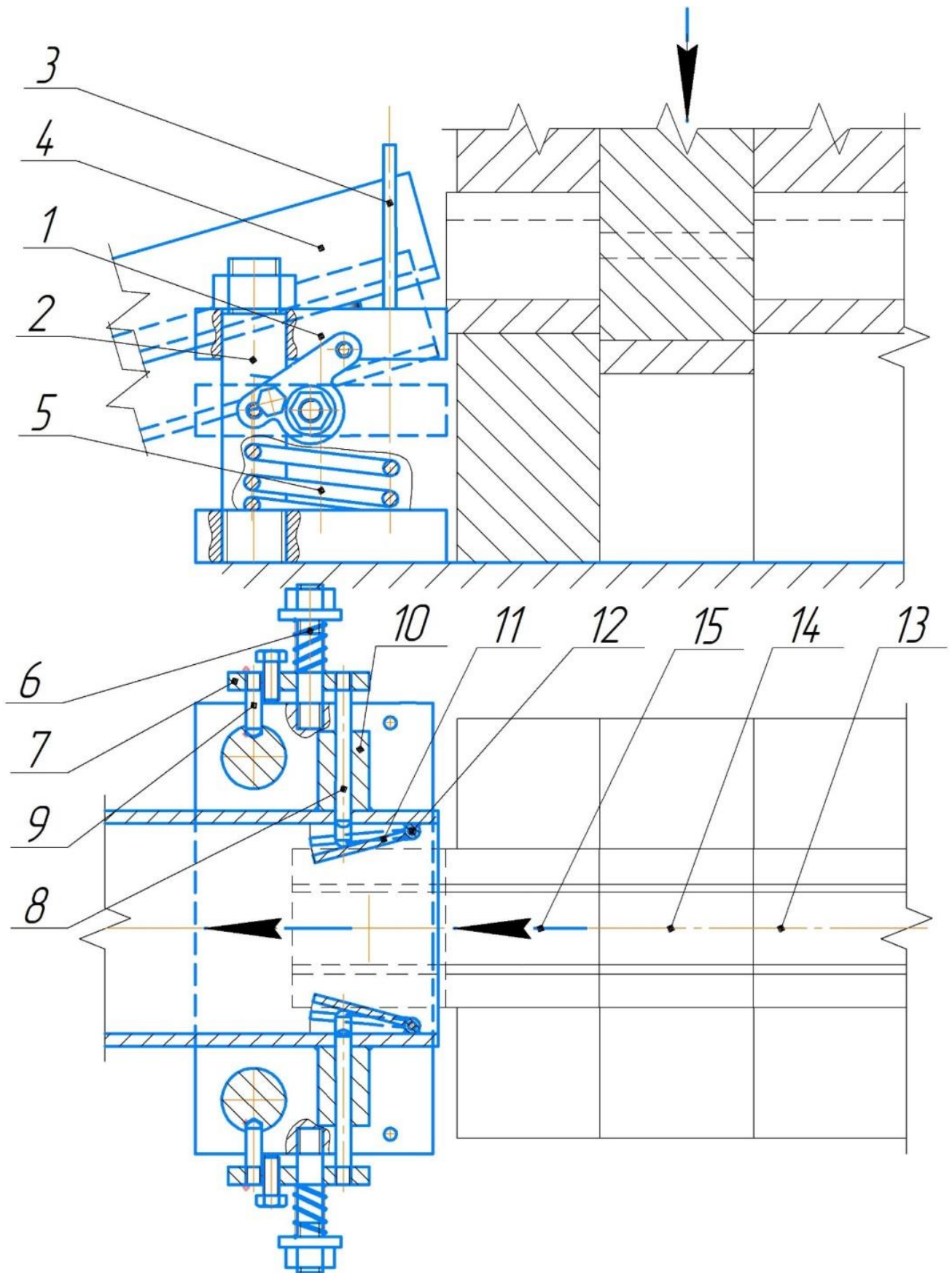


Рис. 7. Конструкція упору до штампа

Упор до штампа для розділення сортового прокату відрізкою зсувом містить: саме упор, виконаний у вигляді плити 1, встановленої з можливістю вертикального зворотно-поступального руху по напрямним колонкам 2 під дією сили приводу через проставки 3 і механізм

фіксації упору у заданому положенні в процесі відрізки заготовки. При цьому плита 1 оснащена лотком 4, який розміщується під кутом до плити 1 і підпружинена за допомогою пружини 5, а механізм фіксації виконаний у вигляді підпружинених (за допомогою пружин 6) плит 7 з вкрученими в них стрижнями 8,9, розміщеними симетрично по обидві сторони лотка 4, що направляються напрямними втулками 10, закріпленими до лотка. Стрижні з одного боку (8) встановлені з можливістю взаємодії зі стулками 11, закріпленими до лотка 4 за допомогою осей 12, а з другого (9) – з відповідними отворами, виконаними у напрямних колонках 2.

Упор до штампа для розділення сортового прокату працює у такий спосіб. Сортовий прокат 13 подається у робочу порожнину ножів штампа до упору в плиту 1. Під дією сили приводу повзун здійснює розділення прокату за схемою двохопорної відрізки зсувом. Одночасно відрізається дві заготовки. Перша заготовка 14 видаляється із робочої зони штампа «на провал». Друга 15 залишається в робочій порожнині ножа. Одночасно при цьому повзун через проставки 3 переміщує плиту 1 по напрямним колонкам 2 до нижнього крайнього положення, в якому плита 1 фіксується. Фіксація здійснюється за рахунок того, що стрижні 9 займають положення у відповідних отворах колонок 2 під діє сил з боку пружин 6. Після відрізки заготовок повзун і деталі штампа повертаються у вихідне положення на холостому ході пресу. Відрізана заготовка 15 проштовхується силою подачі прокату 13 і взаємодіє зі стулками 11, які обертаються навколо осей 12 і натискають на стрижні 8. Стрижні 8, разом з плитами 7 та стрижнями 9 віджимаються від колонок 2 і під дією пружини 5, разом з плитою 1 повертаються у вихідне положення. Одночасно заготовка 15 по нахиленому лотку 4 попадає до тари. Цикл роботи упору до штампа поновлюється.

Можливою проблемою такої конструкції упору до штампа є те, що відрізана заготовка може застрягти між стулками 11. Тому треба дуже чітко підбирати попередню силу стискання пружин 6 та кут нахилу лотка 4.

Найбільш перспективною конструкцією упору до штампа для відрізки профілів за двох опорною схемою є конструкція наведена на рис. 8. Вона більш проста при реалізації, що надає їй ризи надійності. Упор до штампа для розділення сортового прокату містить: саме упор, встановлений з можливістю вертикального зворотно-поступального руху під дією сили приводу і механізм фіксації упору у заданому положенні в процесі відрізки заготовки. При цьому упор виконано у вигляді стрижнів 1 з напрямними елементами 2, встановленими у напрямних планках 3 і підпружинено за допомогою пружин 4. Механізм фіксації виконано у вигляді підпружинених (за допомогою пружин 5) упорних важелів 6, встановлених симетрично відносно осі подачі прокату 7 і одним кінцем консольно закріплених за допомогою осей 8, а другим, з можливістю контакту з відповідними пазами, виконаними на зовнішніх поверхнях стрижнів 1, при цьому упорні важелі 6 додатково обладнані роликами 9, встановленими на осях 10, закріплених на упорних важелях 6.

Упор до штампа для розділення сортового прокату працює у такий спосіб. Сортовий прокат 7 подається у робочу порожнину ножів штампа до упору в стрижні 1. Під дією сили приводу повзун здійснює розділення прокату за схемою двохопорної відрізки зсувом. Одночасно відрізаються дві заготовки. Перша заготовка 11 видаляється із робочої зони штампа «на провал». Друга 12 залишається в робочій порожнині ножа. Одночасно при цьому повзун через проставки переміщує стрижні 1 разом з напрямним елементом 2 до нижнього крайнього положення, в якому стрижні 1 фіксуються. Фіксація здійснюється за рахунок того, що упорні важелі 6, під дією пружин 5, займають положення у відповідних пазах стрижнів 1. Після відрізки заготовок повзун і деталі штампа повертаються у вихідне положення на холостому ході пресу. Відрізана заготовка 12 проштовхується силою подачі прокату 7 і взаємодіє з роликами 9, які разом з упорними важелями 6 повертаються навколо осей 8. Таким чином упорні важелі 6 віджимаються із пазів і стрижні 1, під дією пружин 4, повертаються у вихідне положення. Одночасно заготовка 12 попадає до тари. Цикл роботи упору до штампа поновлюється.

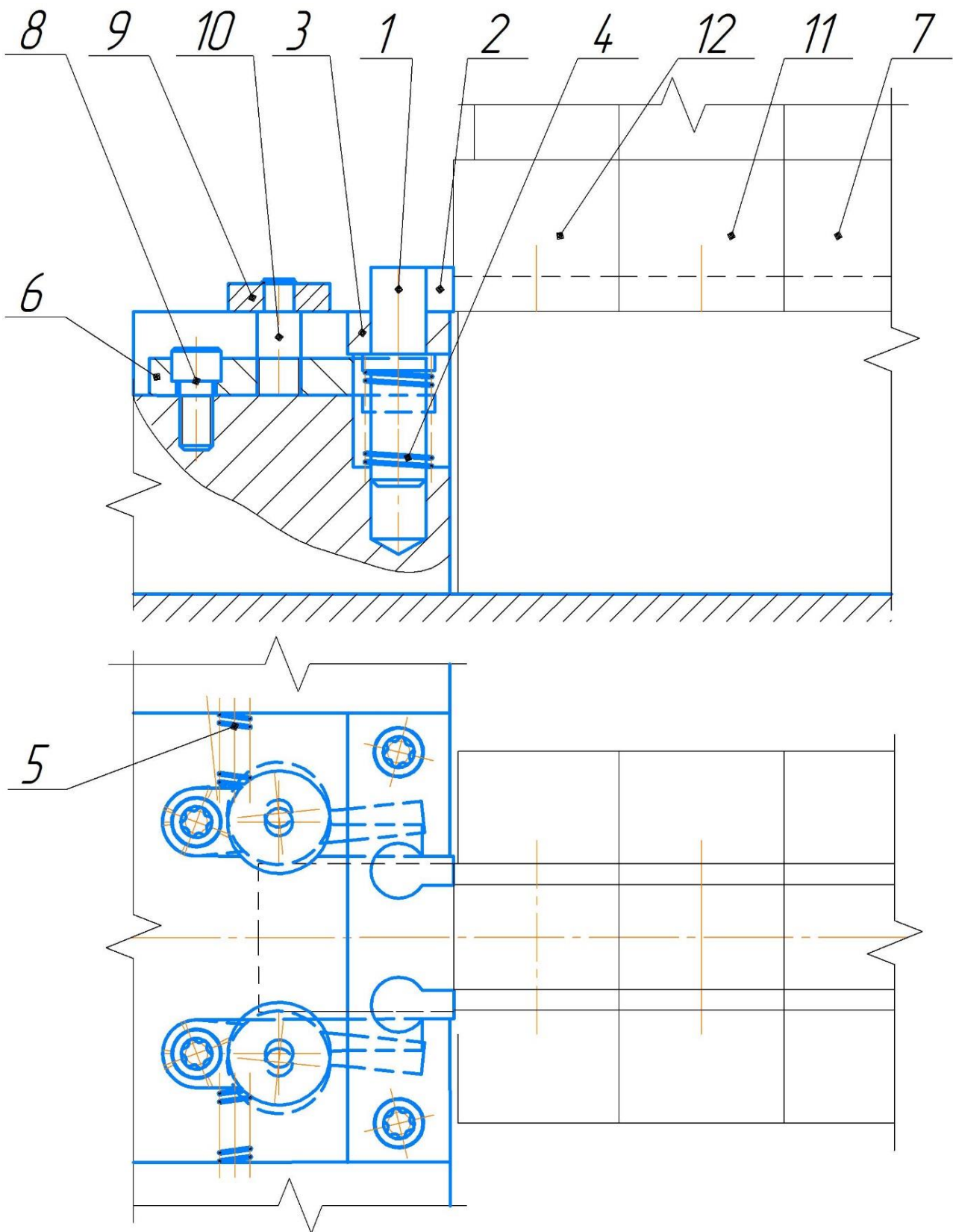


Рис. 8. Конструкція упору до штампа

ВИСНОВКИ

1. На підставі літературного та патентного пошуків визначено, що найбільш перспективною із усіх схем для розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки, є багатоопорна схема відрізки, а саме – двохопорна схема. Застосування двохопорної схеми відрізки зсувом дозволяє у двічі підвищити продуктивність процесу відрізки. Перша заготовка має гірші показники геометричної точності, а друга – задовільні. Це стає можливим завдяки симетричності навантаження другої заготовки, який усуває згин відрізнаних заготовок, забезпечує притискання заготовки до ножа, виключає необхідність поперечного затиску, і сприяє підвищенню геометричної точності заготовок.

2. Проведено моделювання процесу розділення штанги з П-подібним несиметричним профілем на мірні заготовки за схемою двохопорної відрізки зсувом за допомогою спеціалізованого програмного комплексу DEFORM 3D, а також експериментальні дослідження щодо моделювання процесу розділення заготовок із модельного матеріалу – пластиліну. Результати проведених досліджень підтвердили ефективність застосування двохопорної схеми відрізки зсувом, яка забезпечує задовільну якість отриманих заготовок. Більш високу якість має заготовка, яка відрізнана за симетричною схемою навантаження.

3. Розроблено чотири перспективні конструкції упору до штампа для розділення заготовок за схемою двохопорної відрізки зсувом, які забезпечують синхронну роботу упору з роботою самого штампа. Запропоновані конструкції забезпечують надійну роботу переднього упору штампа та підвищують культуру виробництва.

4. Результати роботи можуть бути використані у заготівельному виробництві при розділенні сортового прокату на мірні заготовки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Lisunets N. L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the processes of metal shear cutting. *CIS Iron and Steel Review*. № 17(2019). P. 34–38.
2. Lisunets N. L. Improving the efficiency of the processes of billets manufacture from rolled metal via shift cutting based on simulation. *Cherneye Metally*. № 6(2018). P. 31–35.
3. Lisunets N. L., Demetrashvili I. S., Goyi H. M. Development and characterization of the manufacturing process of cylindrical-shaped semi-finished products from non-ferrous alloys for stamping on the basis of modeling. *Tsvetnye Metally*. №5(2018). P. 82–85.
4. Karnaukh S. G., Markov O. E., Aliieva L. I., Kukhar V. V. Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №109(2020). P. 2457-2464.
5. Karnauh S., Karnaukh D. Research of the influence of deformation speed on energy and power adjectives of the process of three-point cold bend breaking and on alignment integrity of raw parts. *Metallurgical and Mining Industry*. №3(2011). P. 107-114.
6. Karnaukh S. G. Studying the process of static-dynamic loading of a preform according to the scheme of three-point breaking by bending in press-hammers. *Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo (Obrabotka Metallov Davleniem)*. №2(2001). P. 8-12.
7. Chikishev D. Mathematical modeling of steel chemical composition and modes of thermomechanical treatment influence on hot-rolled plate mechanical properties. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №92(2017), P. 3725-3738.
8. Koo J. Y., Luton M. J. Metallurgical design of ultra-high strength steels for gas pipeline. *Proceedings of the thirteenth international offshore and polar engineering conference honolulu*. 2003. P. 10–18.
9. Yin J-F, Bai Q., Zhang B. Methods for detection of subsurface damage: a review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. №31(2018). P. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s10033-018-0229-2>.
10. Nath C., Rahman M. A study on ultrasonic vibration cutting of low alloy steel. *Journal of Materials Processing Technology*. №192-193(2007). P. 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.04.047>.
11. He Sui, Lifeng Zhang, Shuang Wang. Transient separation cutting characteristic of axial ultrasonic vibration-assisted cutting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №110(2020). P.2407-2425.
12. Сердюк А. И. Особенности технологии безотходного разделения фасонных П-образных профилей в штампах со сложным движением ножей. Мариуполь: ПГТУ. 2015. 139 с.
13. Соловцов С. С. Безотходная разрезка сортового проката в штампах. Москва: Машиностроение. 1985. 176 с.

REFERENCES

1. Lisunets N. L. Usage of physical and mathematical simulation for improvement of the processes of metal shear cutting. *CIS Iron and Steel Review*. № 17(2019). P. 34–38.
2. Lisunets N. L. Improving the efficiency of the processes of billets manufacture from rolled metal via shift cutting based on simulation. *Chernye Metally*. № 6(2018). P. 31–35.
3. Lisunets N. L., Demetrashvili I. S., Goyi H. M. Development and characterization of the manufacturing process of cylindrical-shaped semi-finished products from non-ferrous alloys for stamping on the basis of modeling. *Tsvetnye Metally*. №5(2018). P. 82–85.
4. Karnaukh S. G., Markov O. E., Aliieva L. I., Kukhar V. V. Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №109(2020). P. 2457-2464.
5. Karnauh S., Karnaukh D. Research of the influence of deformation speed on energy and power adjectives of the process of three-point cold bend breaking and on alignment integrity of raw parts. *Metallurgical and Mining Industry*. №3(2011). P. 107-114.
6. Karnaukh S. G. Studying the process of static-dynamic loading of a preform according to the scheme of three-point breaking by bending in press-hammers. *Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo (Obrabotka Metallov Davleniem)*. №2(2001). P. 8-12.
7. Chikishev D. Mathematical modeling of steel chemical composition and modes of thermomechanical treatment influence on hot-rolled plate mechanical properties. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №92(2017), P. 3725-3738.
8. Koo J. Y., Luton M. J. Metallurgical design of ultra-high strength steels for gas pipeline. *Proceedings of the thirteenth international offshore and polar engineering conference honolulu*. 2003. P. 10–18.
9. Yin J-F, Bai Q., Zhang B. Methods for detection of subsurface damage: a review. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. № 31(2018). P. 1–14. <https://doi.org/10.1186/s10033-018-0229-2>.
10. Nath C., Rahman M. A study on ultrasonic vibration cutting of low alloy steel. *Journal of Materials Processing Technology*. №192-193(2007). P. 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2007.04.047>.
11. He Sui, Lifeng Zhang, Shuang Wang. Transient separation cutting characteristic of axial ultrasonic vibration-assisted cutting. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. №110(2020). P.2407-2425.
12. Serdyuk A. I. Features of technology of waste-free separation of shaped U-shaped profiles in stamps with complex movement of knives. Mariupol: PSTU. 2015. 139 p. (in Russian).
13. Solovtsov S. S. Waste-free cutting of high-quality rolled products in stamps. Moscow: Mechanical Engineering. 1985. 176 p. (in Russian).

Алиев И. С., Марков О. Е., Карнаух С. Г. Разработка и исследование конструкций штампов для разделения профилей сложной конфигурации на мерные заготовки

Целью данной работы является разработка перспективных конструкций штамповой оснастки, в которой реализована двухопорная схема отрезки сдвигом заготовок сложной несимметричной конфигурации и переднего упора к этому штампу. На основании литературного и патентного поисков определено, что наиболее перспективной из всех схем для разделения штанги с П-образным несимметричным профилем на мерные заготовки является многоопорная схема отрезки, а именно – двухопорная схема. Применение двухопорной схемы отрезки сдвигом позволяет в два раза повысить производительность процесса отрезки. Особенностью двухопорной схемы является то, что первая и вторая заготовки находятся в неодинаковых напряженно-деформированных состояниях при отрезке. Первая заготовка разделяется по одной поверхности раздела, а вторая – по двух поверхностях разделения при двухопорном симметричном размещении отрезаемой части. Первая заготовка имеет худшие показатели геометрической точности, а вторая – лучшие показатели геометрической точности и качество заготовки в целом. То есть симметричная нагрузка устраняет изгиб отрезанных заготовок, обеспечивает прижим заготовки к ножу, исключает необходимость поперечного зажима, и способствует повышению геометрической точности заготовок. Проведено моделирование процесса разделения штанги с П-образным несимметричным профилем на мерные заготовки по схеме двухопорной отрезки сдвигом с помощью специализированного программного комплекса DEFORM 3D, а также экспериментальные исследования по моделированию процесса разделения заготовок из модельного материала – пластилина. Результаты проведенных исследований подтвердили эффективность применения двухопорной схемы отрезки сдвигом, которая обеспечивает удовлетворительное качество полученных заготовок. Более высокое качество имеет заготовка, которая отрезана по симметричной схеме нагружения. Основной проблемой таких штампов является то, что первая отрезанная заготовка может быть удалена из рабочей зоны штампа способом проталкивания штанги. При этом упор, синхронно с перемещением верхнего подвижного ножа до крайнего нижнего положения, должен вернуться в исходное положение, синхронно с возвращением в исходное положение верхнего ножа. Для этого разработаны четыре перспективные конструкции упора к штампу для разделения заготовок по схеме двухопорной отрезки сдвигом, которые обеспечивают синхронную работу упора с работой самого штампа. Предложенные конструкции обеспечивают надежную работу переднего упора штампа и повышают культуру производства. Результаты работы могут быть использованы в заготовительном производстве при разделении сортового проката на мерные заготовки.

Ключевые слова: упор, штамп, двухопорная схема, отрезка сдвигом, геометрическая точность, заготовка, качество, надежность.

Aliiev I. S., Markov O. E., Karnaukh S. G. Development and research of structures of dies for dividing profiles of complex configuration into dimensional blanks

The purpose of this work is to develop promising designs of die equipment, in which a two-support scheme for shearing workpieces of a complex asymmetric configuration and a front stop to this die is implemented. Based on literature and patent searches, it was determined that the most promising of all schemes for dividing a rod with a U-shaped asymmetric profile into dimensional blanks is a multi-support cutting scheme, namely, a two-support scheme. The use of a two-bearing scheme for parting off by a shift makes it possible to double the productivity of the parting process. A feature of the two-support scheme is that the first and second workpieces are in unequal stress-strain states during cutting. The first workpiece is divided along one interface, and the second - along two separation surfaces with a two-support symmetrical placement of the part to be cut. The first workpiece has the worst indicators of geometric accuracy, and the second one has the best indicators of geometric accuracy and the quality of the workpiece as a whole. That is, a symmetrical load eliminates the bending of the cut blanks, ensures that the blank is pressed against the knife, eliminates the need for transverse clamping, and improves the geometric accuracy of the blanks. The process of separating a rod with a U-shaped asymmetric profile into measured blanks according to the scheme of a two-support segment by shear using a specialized software package DEFORM 3D, as well as experimental studies on modeling the process of separating blanks from a modeling material - plasticine, was carried out. The results of the studies carried out confirmed the effectiveness of the use of a two-bearing shear cutting scheme, which ensures a satisfactory quality of the obtained workpieces. A workpiece cut according to a symmetrical loading scheme has a higher quality. The main problem with such dies is that the first cut blank can be removed from the working area of the die by pushing the rod. In this case, the stop, synchronously with the movement of the upper movable knife to the lowest position, must return to its original position, synchronously with the return of the upper knife to its original position. For this, four promising designs of the stop to the die were developed for separating workpieces according to the scheme of two-bearing segments by shear, which provide synchronous operation of the stop with the work of the die itself. The proposed designs provide reliable operation of the front stop of the die and improve the culture of production. The results of the work can be used in blank production when separating long products into cut-to-length blanks.

Key words: stop for stamp, punch, two-support scheme, cut by shift, geometric accuracy, workpiece, quality, reliability.

Алієв Іграмотдін Серажутдінович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою ДДМА
Алиев Играмотдин Серажутдинович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ДГМА
Aliiev Igramotdin – Doctor of Technical Sciences, Professor of the DSEA
E-mail: igramaliev@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4248-8214>

Марков Олег Євгенійович – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрою ДДМА
Марков Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ДДМА
Markov Oleg – Doctor of Technical Sciences, Professor of the DSEA
E-mail: oleg.markov.ond@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9377-9866>

Карнаух Сергій Григорович – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрою ДДМА
Карнаух Сергей Григорьевич – канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой ДГМА
Karnaukh Sergii – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the DSEA
E-mail: karnaukh.sergii@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2878-4065>

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ
ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск
DSEA – Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine

Стаття надійшла до редакції 12.04.22 р.