

**Аніщенко О.С.**ДВНЗ «Приазовський державний  
технічний університет»,  
м. Маріуполь, Україна  
E-mail: aas540628@gmail.com**ПІДВИЩЕННЯ  
КОНКУРЕНТНОСПРОМОЖНОСТІ  
ТРИБОТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ В ОБРОБЦІ  
МЕТАЛІВ ТИСКОМ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ТЕОРІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ  
ВИНАХІДНИЦЬКИХ ЗАДАЧ**

УДК 621.77: 658.512

Для обробки металів тиском наведений алгоритм створення технічних рішень на рівні винаходів з використанням основних елементів теорії рішення винахідницьких задач. Розглянуті ряд способів та пристроїв для обробки тиском, що були винайдені на базі цієї теорії та наведеного алгоритму і дозволяють керувати силами тертя для досягнення поставлених цілей.

**Ключові слова:** ТРВЗ, тертя, типовий прийом, таблиця ефектів, реполь, обробка тиском.

**Вступ**

Проектування конкурентноспроможних технологій і інструментів в обробці металів тиском (ОМТ) потребує врахування великої кількості факторів, зокрема спільного впливу на заготовку, що деформується, силового, температурного полів, сил контактного тертя, режимів навантаження у часі і т.д. Перебирання варіантів, мозковий штурм та інші методи активізації творчого мислення, культивовані в минулому столітті, великою ефективністю не відрізняються, тому на практиці застосовуються рідко.

Наразі зростає потік публікацій [1 - 3], присвячених теорії розв'язання винахідницьких завдань (ТРВЗ) як дієвої методології, що дозволяє хоч і не усунути повністю перебирання варіантів при створенні нових технічних рішень, але скоротити їх число до одного-двох десятків, що цілком прийнятно для аналізу з кінцевим результатом на рівні винаходів. ТРВЗ була створена Г.С. Альтшуллером [4] і в подальшому неодноразово модернізувалася [1 - 3]. Змінювалися терміни теорії, додавалися і вдосконалювалися окремі елементи та додатки ТРВЗ, проте в цілому структура ТРВЗ залишилася незмінною. Досвід часткового використання нами ТРВЗ в ОМТ [5] показав, що творча діяльність істотно ефективніша, якщо використовуються такі структурні елементи ТРВЗ, зокрема, репольного аналізу, як типові прийоми вирішення протиріч, таблиці фізичних, геометричних, хімічних ефектів, стандарти на рішення винахідницьких задач, аналіз ідеального кінцевого результату, метод маленьких чоловічків.

**Постановка проблеми**

Метою роботи є створення у вигляді алгоритму основ методології розробки нових ефективних технічних рішень в ОМТ за допомогою апарату ТРВЗ.

**Результати досліджень**

ТРВЗ стосовно ОМТ пояснюється схемою на рис.1. При проектуванні технології або інструменту виявляється ситуація, яка характеризується адміністративним протиріччям, наприклад: підвищити якість штампованих деталей, збільшити стійкість штампа. Адміністративне протиріччя визначає постановку задачі і необхідний кінцевий результат. Далі аналізують вихідну інформацію з досліджуваної проблеми, визначаючи з фонду науково-технічної і патентної літератури ефективні прийоми, за допомогою яких вирішують подібні завдання, і шукають вже відоме рішення, яке задовольняє заздалегідь сформульованим критеріям ефективності. Якщо це не вдається, переходять до винахідницької творчості.

Процес ОМТ є сукупністю взаємодій багатьох елементів складної технічної системи, що ускладнює вирішення завдання. Тому спочатку спрощують систему до рівня, при якому вона визначається взаємодією пари головних елементів, які конфліктують (рис. 2, а, б). Для ОМТ складовими частинами пари можуть бути або силове поле  $P_C$ , під впливом якого деформується деталь (речовина  $P_1$ ), або речовина  $P_2$  (інструмент), яка взаємодіє з речовиною  $P_1$  за допомогою поля  $P_C$ .

Конфлікуюча пара головних елементів дозволяє сформулювати технічне протиріччя, що включає з розгляду безліч варіантів, в яких позитивні ефекти, що можуть бути досягнені, супроводжуються негативними явищами. Далі є два напрямки розвитку творчого мислення. У першому випадку переходять від даної технічної системи до ідеальної шляхом формулювання ідеального кінцевого результату (ІКР), при якому один з елементів пари, що конфліктують, сам усуває шкідливий вплив, продовжуючи

виконувати свою основну функцію. Практика показує, що тільки при мінімальному відступі від ІКР можливе створення найбільш ефективних рішень технічної задачі. Другий напрямок передбачає виділення конфліктної зони в парі елементів, перехід від технічного до фізичного протиріччя, перетворення пари елементів з неповного до повного (три елементи) реполю (Речовина + ПОЛе) [4] з подальшим його аналізом. Доведення фізичних протиріч системи до їх практичної несумісності дозволяє в більшості випадків визначити хід подальших перетворень системи.

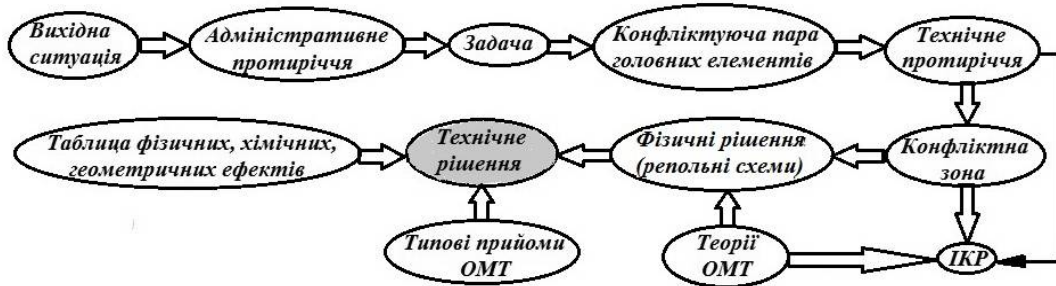


Рис. 1 – Структурна схема створення нових технічних рішень за допомогою ТРВЗ

Репольний аналіз включає добудову і розгортання вихідного реполю шляхом введення в нього, додаткових полів і речовин, взаємодія яких з головними елементами  $P_C$ ,  $P_1$  (або  $P_2$  і  $P_1$ ) забезпечує ефективне рішення задачі. При цьому використовуються: стандарти вирішення винахідницьких задач (СВВЗ), що визначають найкращі способи подолання фізичних протиріч; таблиці використання фізичних, геометричних і хімічних ефектів [2, 4], типові прийоми ОМТ, теоретичні та експериментальні розробки в галузі обробки металів тиском і т.п. Результатом перетворень системи є фізичне рішення задачі і його конкретна технічна інтерпретація.

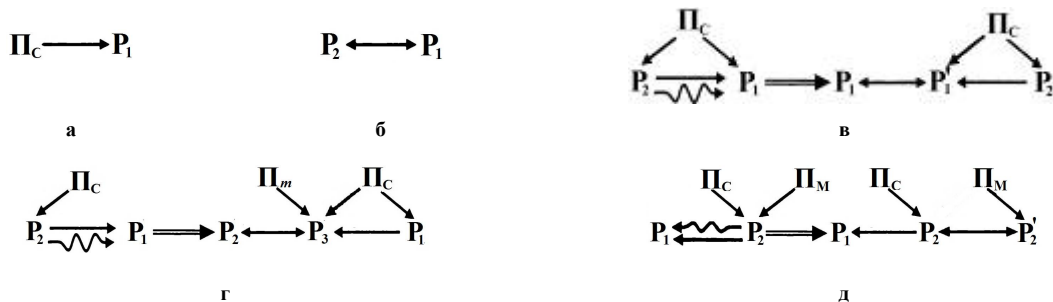


Рис. 2 – Схеми реполів

Розглянемо приклади використання ТРВЗ, в яких використовують сили контактної тертя в процесах ОМТ. Надпластичне формування тиском газу порожнистої оболонки 3 (рис. 3, а) з затиснутої по фланцю і нагрітої разом зі штампом 1 листової заготовки 2 характеризується великою різнововщинністю стінок вздовж контуру оболонок. Усунення цього недоліку являє собою адміністративне протиріччя, завдання при цьому - регулювання течії листового матеріалу при формуванні, технічне протиріччя – тиск газу допомагає утворити оболонку, але й винний в неоднаковій товщині її стінок.

Відповідно до ІКР (поле  $P_C$  само повинно зменшити нерівномірність деформації речовини  $P_1$ ) визначаємо фізичне протиріччя: силове поле необхідно для зміни речовиною  $P_2$  речовини  $P_1$ , але його не повинно бути, щоб не викликати різнововщинності оболонки. Таким чином, з урахуванням ІКР і фізичного протиріччя рішення задачі слід шукати в зміні дії  $P_C$  на  $P_1$ , наприклад, переносі його на інші елементи, що вводяться в систему, розподілом їх в просторі, часі, розмірах. СВВЗ 1.2.2. [4] пропонує для цього випадку введення третьої речовини  $P_1'$ , яка є різновидом речовини  $P_1$  (рис. 2в). Вплив поля  $P_C$  на  $P_1'$ , виключає негативну дію (хвиляста стрілка) речовини  $P_2$  на  $P_1$ .

Аналіз вже зменшеної кількості варіантів дозволив вибрати прийнятне рішення. Дія поля  $P_C$  поділена в часі: деякий час поле  $P_C$  само себе врівноважує, усуваючи першопричину різнововщинності;

додатковий елемент  $P_1'$  у реполі може бути тією ж речовиною  $P_1$ , але поділеною в просторі на дві речовини  $P_1$ ; контакт двох речовин  $P_1$  їх центральними частинами (розподіл в просторі) на першій стадії формування наводить поле тертя, достатнє для гальмування деформації цих речовин, тобто зрівноважує дію поля  $P_C$ ; остання у часі стадія формування здійснюється за класичною схемою (рис. 3, а).

Технічна інтерпретація рішення пояснюється схемою на рис. 3, б. Штамп для реверсивного формування (а.с. СРСР №712176, 1031576, МПК В21D26/02) складається з матриць 1 і 4, розташованих робочими порожнинами одна проти одної, і порожнистої прокладки 5. Між матрицями і прокладкою затискають дві заготовки 2 і 3, подають стиснений газ і формують заготовки в порожнину прокладки (рис. 3, б зверху). У зонах контакту заготовок пластична течія відповідних ділянок гальмується силами тертя. Формозміна напівфабрикатів один по поверхні іншого відбувається за рахунок стоншення вільних від контакту поверхонь, розмір яких постійно зменшується у напрямку вздовж твірної від центру заготовок до фланців. Отже на першій стадії формування інтенсивніше стоншуються зони заготовок, що розташовані між їх фланцями та центром. На другій стадії (рис. 3, б знизу) стиснений газ подають у порожнину прокладки і формують оболонки в порожнині матриць. На цій стадії відбувається більш інтенсивніше стоншення оболонок в полюсі з-за жорсткого притиску фланця заготовок. Сумарне стоншення стінок оболонок після двох стадій формування характеризується меншою різновтовщинністю.

Інше рішення: дві заготовки по контуру зварюють між собою і приварюють до кільцевого фланця, який притискають в штампі. Тиск газу між заготовками створює сублимат, що сублимує при нагріванні і деформуванні заготовок, які вже не притиснуті в штампі і тому деформуються досить рівномірно (а.с. СРСР №1212654, МПК В21D26/02).

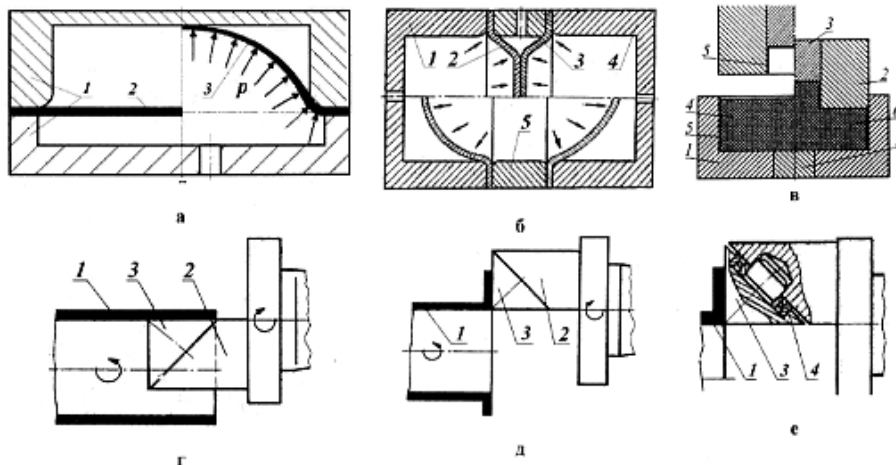


Рис. 3 – Схеми нових способів та пристроїв, що створені за допомогою ТРВЗ

При гарячому видавлюванні складно виштовхувати поковки зі штампів. Тобто речовина  $P_2$  під дією поля  $P_C$  деформує  $P_1$  (рис. 2, г), але й затискає в собі (в порожнині штампа) [5, 6]. СВВЗ 1.2.2 і 2.4.7 пропонують введення третьої речовини  $P_3$  та використання таблиці фізичних ефектів [2, 4], яка вказує, що силовий вплив при наявності температурного поля  $P_m$  і додаткової речовини  $P_3$  забезпечує ефект фазового переходу. Але в сталевій поковці він лише трохи змінює густину сталі, а от зміна агрегатного стану речовини  $P_3$ , а саме перехід в газоподібний стан різко збільшує його обсяг при постійному тиску або забезпечує різкий стрибок тиску при незмінному обсязі. Отже діями полів  $P_m$  і  $P_C$  на  $P_3$  виникає газ в той час, коли треба виштовхнути поковки з штампу. У технічному вигляді запропоноване рішення реалізовано при ізотермічній штамповці заготовок 4, покритих шаром сублимату 5. Штамп 1 - 2, нагрітий до верхньої, а заготовка – до нижньої межі температурного діапазону деформації, температура сублимації покриття знаходиться в середині діапазону. При штамповці заготовка нагрівається до температури нагріву штампа, що викликає сублимацію покриття з її поверхні. Утворений газ під тиском разом з виштовхувачем 3 виштовхує поковки зі штампу (а.с. СРСР №1006015, 1006016, МПК В21J5/00).

Ротаційна роздача розтрубів на трубах інструментом тертя значно спростилася, коли ми стали використовувати інструмент (а.с. СРСР №1147481, МПК В21D41/02) у вигляді конуса 3 з державкою 2, яка обертається навколо осі, паралельної осі обертання труби 1 (рис. 3, г, д). У репольному вигляді

(рис. 2, д) маємо позитивну дію поля  $P_C$  на  $P_1$  через речовину  $P_2$  і негативну дію на  $P_1$  від механічного поля  $P_M$  (тертя ковзання від обертання  $P_1$  і  $P_2$ ). Для усунення негативного впливу поля ковзання ТРВЗ пропонує видозмінити речовину  $P_2$ , а в переліку типових прийомів конкретно пропонує замінити тертя ковзання на тертя кочення. Заміну здійснили, закріпивши в державці 2 конус 3 (речовина  $P_2$ ) на підшипнику 4. Наразі конус і розтруб труби обертаються з однаковими лінійними швидкостями вздовж лінії контакту з розтрубом труби (а.с. СРСР №1 172740, пат. України №63318, МПК В21D41/02).

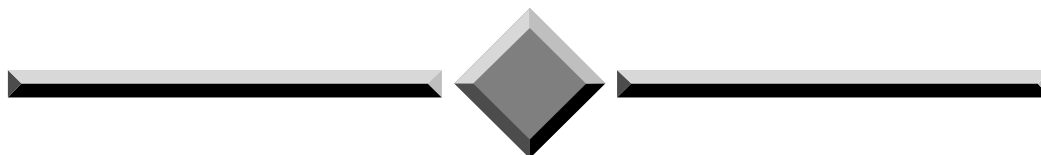
### Висновки

ТРВЗ має ефективні структурні елементи, які є дієвими заходами підвищення конкурентоспроможності нових технічних рішень в обробці металів тиском на рівні винаходів.

### Література

1. Орлов М.А. Основы классической ТРИЗ / М.А. Орлов. – М.: Солон-Пресс, 2006. – 432 с.
2. Уразаев В.Г. ТРИЗ в электронике / В.Г. Уразаев. – М.: Техносфера, 2006. – 320 с.
3. Кукалев С.В. Правила творческого мышления / С.В. Кукалев. – М.: ФОРУМ, 2014. – 416 с.
4. Альтшуллер Г.С. Найти идею: Введение в ТРИЗ – теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 400 с.
5. Цепин М.А. Применение основ теории технического творчества к анализу процессов ОМД / М.А. Цепин, А.С. Анищенко, В.П. Ким // Известия вузов. Черная металлургия. – 1981. – № 5. – С. 95-99.
6. Кухарь В.В. Смещенные объемы при осадке цилиндрических заготовок выпуклыми плитами / В.В. Кухарь, В.А. Бурко // Обработка материалов давлением. – Краматорск: ДГМА, 2008, № 1(19). – С. 177-182.

Надійшла в редакцію 02.06.2018



**Проблеми трибології**  
**“Problems of Tribology”**  
**E-mail: tribosensor@gmail.com**

Anishchenko O.S. **Increasing the competitive ability of tribotechnical solutions in the field of metal working with pressure using the theory of solving inventive problems.**

The article proposes for the processes of metal pressure treatment a new algorithm for creating technical solutions at the level of inventions using the basic elements of the theory of solving inventive problems. The article analyzes several methods and devices for metal forming. They were created on the basis of the proposed theory and algorithm and can use friction forces to achieve the goals.

**Key words:** TRIZ, friction, typical action, table of effects, repol, pressure treatment.

### References

1. Orlov M.A. *Osnovy klassicheskoy TRIZ*. M. Solon-Press, 2006. 432s.
2. Urazaev V.G. *TRIZ v elektronike*. M. Tekhnofera, 2006. 320s.
3. Kukalev S.V. *Pravila tvorcheskogo myshleniya*. M. FORUM, 2014. 416s.
4. Altshuller G.S. *Nayti ideyu: Vvedenie v TRIZ – teoriyu resheniya izobretatelskykh zadach*. M. Alpina Biznes. Buks, 2007. 400s.
5. Tsepin M.A. *Primenenie osnov teorii tekhnicheskogo tvorchestva k analizu protsessov OMD*. M.A. Tsepin, A.S. Anishchenko, V.P. Kim. *Izvestya vuzov. Chernaya metallurgia*. 1981. N5. S.95-99.
6. Kukhar V.V. *Smeschennye obyomy pri osadke tsilindrycheskyh zagotovok vypuklymi plitami*. V.V. Kukhar, V.A. Burko. *Obrabotka materialov davleniem*. Kramatorsk: DGMA, 2008, N1(19), S.177-182.