

Висновки:

1. Розроблена методика проектування та визначення розмірів основних конструктивних елементів затискних механізмів односторонньої та двосторонньої дії з плунжерами, що дає змогу визначати їх оптимальні конструктивні чинники.

2. Отримані теоретичні залежності уможливають визначати розміри усіх основних конструктивних елементів, які забезпечують високу якість затиску заготовки без її пошкодження, їх міцність і стійкість у процесі силового навантаження.

3. Наведена методика в подальшому може удосконалюватися з використанням у ній методів оптимізації конструктивних елементів затискних механізмів односторонньої та двосторонньої дії з плунжерами з урахуванням відповідних типів виробництв.

1. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. – Т. 2 / под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мецеракова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 495 с. 2. Станочные приспособления: справочник. Е. 1 / под ред. Б.И. Вардашкина и А.А. Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984. – 591 с. 3. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков // М.А. Ансеров. – М.: Машиностроение, 1975. – 656 с. 4. Гуліда Е.М. Прикладна механіка / Е.М. Гуліда, Л.Ф. Дзюба, І.М. Ольховий. – Львів: Світ, 2007. – 384 с.

УДК 621.787

Т.А. Гурей

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра транспортних технологій

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОВЕРХОНЬ ПІД ЧАС ФРИКЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ

© Гурей Т.А., 2012

Для дослідження причинно-наслідкових взаємозв'язків між параметрами обробки та якістю поверхневого шару у процесі фрикційного зміцнення деталей машин використано діаграму Ісакави.

Diagram Isakavy used to investigate causal relationships between processing parameters and quality of the surface layer during frictional hardening of machine parts.

Постановка проблеми. Надійність роботи машин безпосередньо пов'язана з якістю поверхневого шару деталей, яка характеризується геометричними та фізико-механічними параметрами. Під час експлуатації деталі контактують одна з одною та з навколишнім середовищем. Від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості – опір втомному руйнуванню, зносостійкість, корозійна стійкість тощо. Зв'язок характеристик якості поверхневого шару з експлуатаційними властивостями деталей свідчить про те, що оптимальна поверхня повинна бути доволі твердою, мати залишкові напруження стиску, дрібнодисперсну структуру, згладжену форму мікронерівностей з великою площею опорної поверхні.

Сучасні технології повинні забезпечувати не тільки високу точність, продуктивність, технологічність, але й необхідну довговічність деталей машин в експлуатації. Широке застосування на практиці знаходять методи поверхневого зміцнення деталей машин із використанням висококонцентрованих джерел енергії. Ці методи характеризуються дією з великими швидкостями високих питомих енергій на порівняно малі об'єми металу з подальшим їх швидким охолодженням. Структурно-фазові зміни, які проходять у процесі таких обробок, істотно залежать від хімічного складу і вихідної термічної обробки матеріалу. Вони характеризуються формуванням двох, якісно

різних структурних зон – зони вторинного гартування, або так званого слабкотравимого білого шару, й зони підвищеної травимості, або зони термічного впливу зі структурою високошвидкісного відпуску, які істотно відрізняються за своїми фізико-механічними і електрохімічними властивостями від основного металу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Експлуатаційні характеристики деталей машин та механізмів залежать не тільки від якості металу усього перерізу, як від фізико-хімічних властивостей поверхневого шару та стану поверхні виробів, які формуються на кінцевих стадіях виготовлення деталей [1, 2]. Під час виготовлення деталей машин необхідно забезпечити оптимальні показники якості поверхні, зокрема, шорсткість, макро- і мікроструктуру матеріалу, твердість, величину і знак залишкових макронапружень тощо. Але не завжди вдається досягнути оптимального поєднання вказаних характеристик якості поверхневого шару деталей машин під час їх виготовлення на фінішних операціях.

Поверхневі шари деталей машин контактують з навколишнім середовищем та першими приймають дію зовнішнього навантаження. У підповерхневих шарах за різних схем навантаження (згинні, контактні, зношування) виникають найбільші напруження. За наявності агресивного середовища термодинамічний стан поверхні стає ще нерівноважнішим. За дії циклічних навантажень наявні концентратори (риски, задирки, вириви, структурні концентратори, технологічні тріщини, вогнища корозії тощо) сприяють розвитку втомних процесів у приповерхневому шарі матеріалу. Процеси, що перебігають у поверхневому шарі деталі під час її експлуатації, а також службові характеристики залежать від стану шару, отриманого під час технологічної обробки, умов навантаження, особливостей контактної взаємодії. Поверхневий шар деталі – це шар, у якого структура, фазовий і хімічний склад відрізняються від основного металу, з якого виготовлена деталь [3, 4].

Товщина і стан зазначених зон поверхневого шару можуть змінюватися залежно від хімічного складу металу, методу обробки, умов експлуатації. Велика кількість параметрів стану поверхневого шару і методів їхньої оцінки унеможливує виділити єдиний параметр, який визначає якість поверхневого шару. Тому стан поверхневого шару оцінюється за набором одиничних або комплексних параметрів, який оцінює якість поверхневого шару. Загалом ці параметри характеризують геометричні параметри нерівностей поверхні, мікроструктуру і хімічний склад та її механічний стан. Взаємозв'язки зазначених чинників утворюють складну динамічну систему, у якій зміна стану поверхневого шару у процесі експлуатації приводить до зміни умов навантаження, особливостей контактної взаємодії. Як і будь-яка інша динамічна система, ця система може знаходитися у стані стійкої рівноваги, коли різні зміни у поверхневому шарі чи на рівні діючих навантажень приводять систему у зрівноважений стан (заміна зруйнованих вторинних структур новими, припрацювання тощо).

Використання поверхневого зміцнення дає змогу знизити швидкість зношування і підвищити ресурс роботи виробу. Способи зміцнення можуть впливати як на мікрогеометрію поверхні, так і на фізико-хімічні властивості приповерхневих об'ємів металу, їх структуру і фазовий склад, який визначає стан поверхневого шару. Відомо, що механічні властивості матеріалів пов'язують з початковою мікроструктурою, тоді як експлуатаційні властивості визначаються динамічною структурою, яка формується під час деформації [3, 4]. Недостатнє врахування цього чинника значно обмежує ціленаправлене керування структурою і властивостями поверхневих шарів деталей і фактично унеможливує одержувати вироби із заданими характеристиками.

Вихід з ладу машин, агрегатів, конструкцій відбувається внаслідок втрати працездатності окремих деталей. Тому одним із найважливіших показників якості їх виготовлення є міцність і довговічність. При цьому необхідно знати, який з показників надійності є визначальним при роботі конкретної деталі. Помилки щодо вибору характеристик міцності та надійності в процесі оптимізації технології виготовлення деталі стають причиною аварійного виходу з ладу деталі та виробу загалом. Для оптимізації технології виготовлення деталі необхідні детальні відомості щодо умов роботи деталі, вузла та виробу загалом. У зв'язку з цим виготовлювана деталь повинна розглядатися як складова складної системи. Складна система являє собою множину взаємо-

пов'язаних і взаємодіючих між собою елементів і підсистем різної фізичної природи, що становлять нероздільне ціле, які забезпечують виконання системою деякої складної функції й описуються доволі складною математичною моделлю для досягнення певної мети.

Одним з методів поверхневого зміцнення деталей машин є фрикційна обробка. Фрикційне зміцнення поверхневих шарів металу здійснюється за рахунок дії висококонцентрованих потоків енергії на порівняно малі об'єми металу за високошвидкісного тертя інструмента по оброблюваній поверхні. Для керування процесами формування зміцненого шару і його якості необхідно розглянути параметри технологічної системи операції фрикційного зміцнення.

Формулювання мети дослідження. Мета роботи – дослідити вплив технологічних чинників поверхневого зміцнення деталей машин фрикційною обробкою.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо процес поверхневого фрикційного зміцнення як технологічну систему. Для дослідження причинно-наслідкових взаємозв'язків між параметрами (чинниками) та наслідками у процесі фрикційного зміцнення деталей машин використаємо діаграму Ісакави. Діаграма Ісакави – відома як діаграма «риб'ячої кістки» («скелет риби» *Fishbone Diagram*), або причинно-наслідкова діаграма, а також як діаграма «аналізу кореневих причин». Ця діаграма використовує графічний спосіб дослідження та визначення найістотніших причинно-наслідкових взаємозв'язків між чинниками та наслідками у досліджуваній ситуації чи проблемі та дає можливість виявити ключові взаємозв'язки між різними чинниками та достеменніше зрозуміти досліджуваний процес. Діаграма сприяє визначенню головних чинників, які впливають на проблему, що розглядається, та попередження або усунення їх дії [5, 6].

Ключове завдання полягає у тому, щоб мати від трьох до шести основних категорій, які охоплюють усі можливі впливи. Фактично максимальна глибина такого дерева досягає чотирьох або п'яти рівнів. Коли така створювана діаграма є повною, вона відтворює доволі повну картину усіх можливих основних причин визначеної проблеми. Для того, щоб прийняти правильне рішення, спрямоване на вирішення проблеми або її невідповідності, проводять аналіз за якого необхідно визначити, чому той чи інший процес виходить за певні межі, тобто причину виникнення невідповідностей; внести зміни у процеси, розробити і реалізувати, корегуючи зміни з метою усунення причин цих невідповідностей. Аналізуючи невідповідності, необхідно виявляти і фіксувати усі чинники, навіть ті, які видаються незначними.

Для того, щоб прийняти правильне рішення, поставлену проблему краще візуалізувати, тобто зобразити у графічному вигляді. Досліджувана проблема, зображена на діаграмі, – це «голова риби». «Хребет» на діаграмі умовно зображається у вигляді прямої горизонтальної стрілки. «Кістки», які зображаються нахиленими стрілками, – причини і чинники, що впливають безпосередньо на цю проблему. На діаграмі Ісакави у лівому напрямку відображають основні «кістки» (категорії), які мають стосунок до розглядуваної проблеми. Усі можливі причини розподіляються за принципом «5М» (рис. 1.):

Man (Людина) – причини, пов'язані з людським чинником;

Machines (Обладнання) – причини, пов'язані з обладнанням;

Materials (Матеріали) – причини, пов'язані з матеріалами;

Methods (Методи, технологія) – причини, пов'язані з технологією роботи, з організацією процесів;

Measurements (Вимірювання) – причини, пов'язані з методами вимірювання.

Основні категорії розподіляють у спадному порядку, починаючи з тієї категорії, яка має найбільшу ймовірність того, що її причини викликали проблему. Тобто категорія з причинами є основною і буде розміщена ближче до «голови риби». Для кожної категорії зображаються додаткові «кістки», що відображають окремі причини, а у них, своєю чергою, додаються свої підпричини. В такий спосіб отримуємо розгалужене дерево, яке зв'язує причини виникнення невідповідності, що знаходяться на різному рівні деталізації. Тобто можна дійти до первинних причин, вирішення яких істотно вплине на усунення усіх невідповідностей.

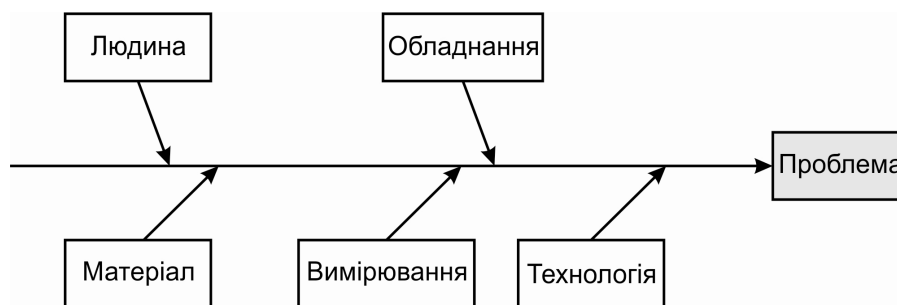


Рис. 1. Діаграма Ісікави з основними категоріями причин

Загальні правила побудови діаграми причинно-наслідкових зв'язків:

1. Перш ніж приступати до побудови діаграми, потрібно сформулювати проблему.
2. Досліджувана проблема записується з правого боку посередині чистого аркуша паперу, до якої зліва напрямлена основна горизонтальна стрілка – "хребет".
3. Зображаються основні причини (причини рівня 1), що впливають на проблему – "великі кістки". Вони з'єднуються нахиленими стрілками з "хребтом".
4. Тоді відображають вторинні причини (причини рівня 2), які впливають на головні причини ("великі кістки"), а ті, своєю чергою, є наслідком вторинних причин. Вторинні причини записуються і розташовуються у вигляді "середніх кісток", що приєднуються до "великих". Причини рівня 3, які впливають на причини рівня 2, розташовуються у вигляді "дрібних кісток", що приєднуються до "середніх" тощо.
5. Під час аналізу повинні виявлятися і фіксуватися усі чинники, навіть ті, які здаються незначними, оскільки мета схеми – знайти найправильніший шлях і найефективніший спосіб вирішення проблеми.
6. Причини (чинники) оцінюють і ранжують за їх значущістю, виділяючи значно важливіші, які мають найімовірніший вплив на показник якості.

7. У діаграму вноситься уся необхідна інформація.

Користуючись діаграмою Ісікави розглянемо вплив усіх чинників, що впливають на якісні характеристики поверхневого шару деталі за фрикційного зміцнення.

1. Вибираємо показник – якісні характеристики поверхневого шару. Записуємо його посередині правого краю аркуша, проводимо до нього горизонтальну стрілку.

2. Визначаємо головні чинники, що впливають на якісні характеристики поверхневого шару, використовуючи метод 4М: обладнання, технологія, матеріал, вимірювання. Записуємо їх по обидва боки від «хребта» діаграми і проводимо від них стрілки до основної «кістки хребта».

В нашому випадку основними чинниками є: фізико-хімічні процеси, умови зміцнення, деталь, зміцнювальний інструмент.

3. Визначаємо чинники другого рівня:

для фізико-хімічних процесів:

- швидкість охолодження;
- швидкість нагрівання;
- температура нагрівання;
- масо-перенесення;
- швидкість зсувного деформування;

для умов зміцнення:

- режими обробки;
- технологічне середовище;
- технологічна схема зміцнення;
- характеристика обладнання;

для деталі:

- характеристика деталі;
- матеріал;

- для зміцнювального інструменту:
- фізико-механічні властивості;
 - форма і розміри робочої частини;
 - матеріал.

Записуємо їх поряд з відповідними чинниками першого рівня і з'єднуємо стрілками.

4. Визначаємо чинники третього рівня, які впливають на чинники другого рівня;

для матеріалу:

- термофізичні властивості;
- структура;
- шорсткість;
- хімічний склад;

для характеристики деталі:

- маса;
- розміри;
- форма;

для режимів обробки:

- швидкість деталі;
- подача;

для технологічного середовища:

- хімічний склад;
- поверхнева активність;
- функціональна активність;

для характеристики обладнання:

- жорсткість;
- частота обертання;
- дисипація.

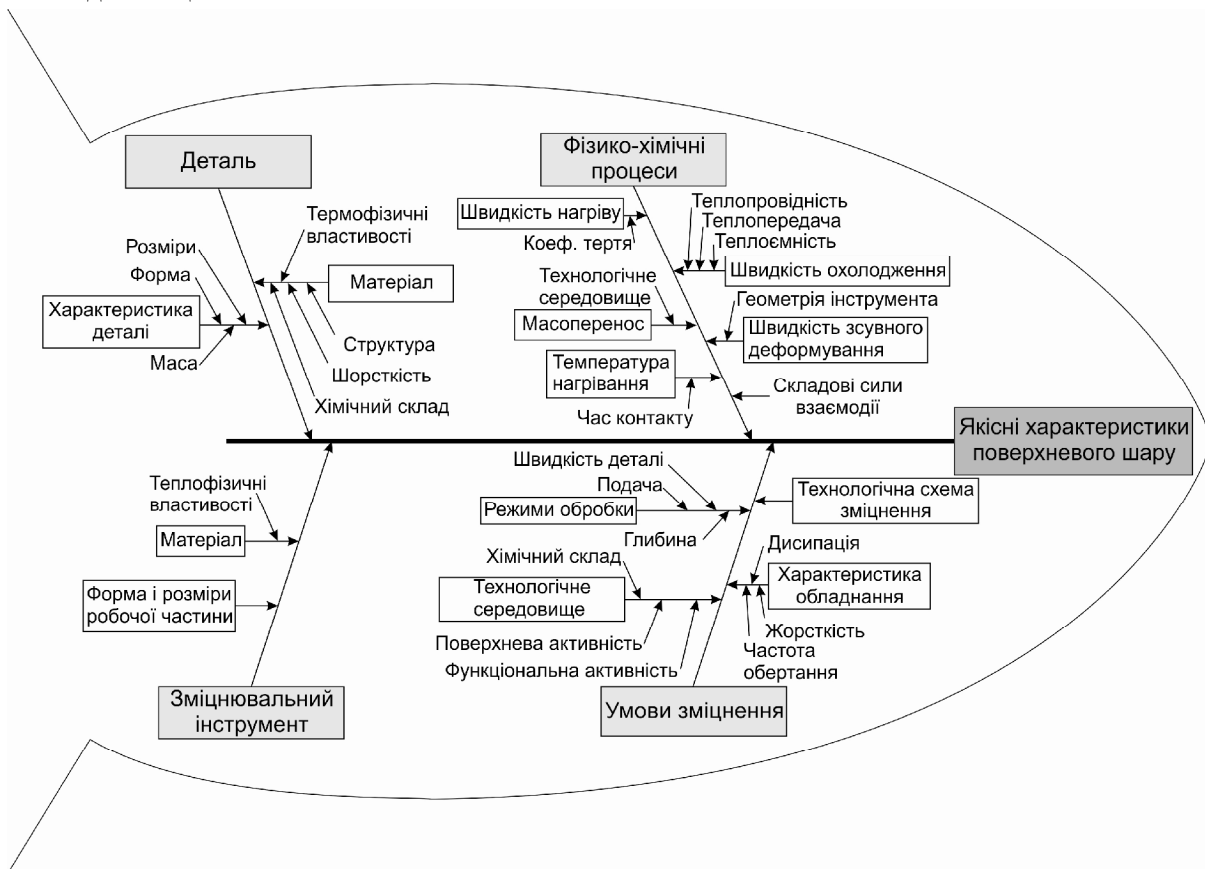


Рис. 2. Діаграма Ісікави з основними категоріями причин фрикційного зміцнення деталей машин

Записуємо їх поряд з відповідними чинниками другого рівня і з'єднуємо стрілками.

5. Виділяємо чинники, на які неможливо вплинути.

У цьому випадку це є хімічний склад матеріалу деталі, фізико-механічні властивості зміцнювального інструмента.

6. Проводимо оцінювання впливу усіх рівнів чинників на якісні характеристики зміцнювальної поверхні деталі.

Як бачимо з технологічного оцінювання, основними чинниками, що впливають на якість поверхні, є: фізико-хімічні процеси зміцнення, швидкість нагрівання та охолодження поверхневого шару деталі, характеристика обладнання, застосовуване технологічне середовище та параметри робочої частини інструмента.

Отже, ми отримали діаграму, яка дає змогу детальніше охарактеризувати процес фрикційного зміцнення деталей машин, який є ефективним методом підвищення довговічності деталей машин в експлуатації. Ми отримали інформацію, необхідну для прийняття керуючих рішень.

Діаграма Ісікава дає змогу стимулювати творче мислення, представити взаємозв'язок між причинами і зіставити їх відносну важливість. У той самий час не розглядається логічна перевірка ланцюжка причин, що ведуть до першопричини, тобто відсутні правила перевірки у зворотному напрямку – від першопричини до результатів.

1. Базров Б.М. *Модульная технология в машиностроении*. – М.: *Машиностроение*, 2001. – 368 с. 2. Ляшенко Б.А., Клименко С.А. *Тенденции развития упрочняющей поверхностной обработкой и положение в Украине // Сучасне машинобудування*. – 1999. – № 1. – С. 94–104. 3. *Качество машин: справочник: в 2-х т. – Т.1 / [А.Г. Суслов, Э.Д. Браун, Н.А. Виткевич и др.]*. – М.: *Машиностроение*, 1995. – 256 с. 4. *Качество машин: справочник: в 2-х т. – Т.2 / [А.Г. Суслов, Ю.В. Гуляев, А.М. Дальский и др.]*. – М.: *Машиностроение*, 1995. – 430 с. 5. Ishikawa K. *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. – London: *Prentice Hall*, 1985. 6. Исикава К. *Японские методы управления качеством / сокр. пер. с англ.; под. ред. А.В. Гличева*. – М.: *Экономика*, 1988. – 214 с. 7. Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. *Поверхностное упрочнение металлов*. – К.: *Наук. думка*, 1995. – 253 с. 8. Гурей І.В. *Вплив технологічних середовищ та матеріалу інструменту на параметри фрикційного зміцнення // Машинознавство*. – 1998. – № 4. – С. 124 – 129.