

УДК 62-192, 620.178.1, 621.787.4

**ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
ШЛЯХОМ УПРАВЛІННЯ ВНУТРІШНІМИ НАПРУЖЕННЯМИ**

Дубовик В.О., канд. техн. наук, доц.,

Жулай О.Ю., канд. техн. наук, доц.

Опря О.В.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

The article studies the stress state of the pump casing during plastic deformation. Theoretically, the possibility of forming a field of residual stresses on the surfaces of the housing is shown, which provides an increase in the efficiency and service life of the pump as a whole.

Keywords: stress, strain, gear pump, resource, hardening.

Вступ

Для приводу робочих органів самих різних машин, найбільше застосування знайшли гідравлічні приводи. Їх продуктивність, в основному, залежить від експлуатаційних показників насоса. Найбільше поширення, в гідросистемах різних машин, знайшли шестеренні насоси типу НШ. Це пов'язано з цілою низкою їх переваг у порівнянні з іншими типами насосів [1].

Робота шестеренного гідронасосу відбувається в умовах значної навантаженості його деталей, яка пов'язана зі збільшенням потужності, швидкості обертання шестерень, робочого тиску, а також високих забруднень та агресивних середовищ. Все це призводить до прискореного спрацювання деталей насоса, порушення їх вихідних посадок, перекошування у спряженнях.

Причиною зниження технічних характеристик насосу та виходу його з ладу є недостатньо високі фізико-механічні характеристики матеріалу корпусу. Заводська технологія виготовлення корпусів не задовольняє сучасним вимогам надійності шестеренних насосів.

При виготовленні корпусу зміцнюють матеріал, в основному, загартуванням та штучним старінням.

Аналіз попередніх досліджень

Більш докладніше питаннями зміцнення корпусу займалися при його ремонті і відновленні такі дослідники як: Б.М. Аскиназі, Д.Г. Вадивасов, Е.Л. Воловик, М.В. Молодик, І.С. Левицький, Ю.Н. Петров, М.М. Севернєв, І.Е. Ульман, В.І. Черноіванов, В.А. Шадрічев, П.А. Губанов і інші. Було встановлено що зміцнення корпусів потребує значних матеріальних і трудових ресурсів.

Згідно проведених досліджень виявлено, що найбільш прийнятним способом відновлення корпусу шестеренного насосу, що містить зміцнення і за технологічною суттю можна реалізувати і при виготовленні є пластичне деформування. Так як при пластичному деформуванні є можливість створити поле залишкових напружень стискуючого характеру на відновлюваних поверхнях. Що в свою чергу приводить до підвищення працездатності деталі і, як наслідок її ресурсу.

Постановка проблеми

Пластичному деформуванню притаманні ряд переваг у порівнянні з заводською технологією зміцнення та рядом відновлювальних технологій при ремонті, зокрема:

- зниження величини деформацій корпусу у процесі роботи гідронасоса;
- підвищення міцності від утомленості;
- заліковування мікротріщин, які утворюються під час експлуатації корпусу шестеренного насосу;
- створення поля залишкових напружень.

Разом з тим цей спосіб має і суттєві недоліки:

- низька продуктивність процесу;
- низька якість відновлення;
- значні енергетичні та трудові витрати

А отже технологічні режими способу пластичного деформування потребують дослідження.

Мета та завдання

Метою роботи є підвищення працездатності та довговічності корпусу шестеренного насосу типу НШ-У при відновленні шляхом управління внутрішніми напруженнями.

Результати вирішення основних завдань

Для усунення вказаних недоліків необхідно дослідити спосіб зміцнення корпусів шестеренних насосів деформаційно-термічною обробкою [2].

Виходячи з геометричної форми, корпус можна розглядати як тіло складене з двох циліндрів. Тому, для опису напружено-деформованого стану, в поперечному перерізі корпусу, пропонується ввести дві системи полярних координат, а для зрозумілого тлумачення результатів вводиться ще й система декартових координат.

Перехід від загальної тривимірної постановки до двовимірної здійснюється на основі додаткових гіпотез спрощення, які впливають із специфіки технологічного процесу.

На першій стадії процесу деформування у корпусі буде реалізовуватися плоско-деформований стан.

На другій стадії процесу, поверхня тіла, включаючи торці, звільняється від навантаження. Тому нормальні і дотичні напруження, що діють у площинах, паралельних торцям, будуть незначні. Отже, у корпусі на стадії вільного охолодження буде реалізовуватися плоско-напружений стан [3].

Разом з тим задача має труднощі пов'язані з описом термов'язкопластичної поведінки матеріалу, як складової частини загальної задачі моделювання поведінки елементів корпусу. В дослідженнях використана модель Боднера-Партома [4, 5], яка найбільш адекватно описує ефекти пластичності і повзучості при відповідних змінах температури і деформації та враховує залежності теплових, а також механічних характеристик матеріалу від температури.

Плоско-напружений стан описується рівняннями:

- балансу енергії (теплопровідності при $Q=0$)

$$C_v \dot{\Theta} = (k\Theta_{,x})_{,x} + (k\Theta_{,y})_{,y}; \quad (1)$$

- рівноваги при ($F_x = F_y = 0$)

$$\sigma_{xx,x} + \sigma_{xy,y} = 0, \quad (2)$$

$$\sigma_{yx,x} + \sigma_{yy,y} = 0;$$

- закону Гука

$$\sigma_{xx} = 2G \left[\epsilon_{xx} - \epsilon_{xx}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta \right] \quad (3)$$

$$\sigma_{yy} = 2G \left[\epsilon_{yy} - \epsilon_{yy}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta \right],$$

$$\sigma_{xy} = 2G (\epsilon_{xy} - \epsilon_{xy}^P),$$

$$\begin{aligned} \sigma_{zz} &= 2G \left[\epsilon_{xx}^P + \epsilon_{yy}^P + \frac{\nu}{1-2\nu} (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) \right] - \frac{1+\nu}{1-2\nu} \alpha \Delta \Theta = \\ &= \nu (\sigma_{xx} + \sigma_{yy}) + 2G(1+\nu) (\epsilon_{xx}^P + \epsilon_{yy}^P - \alpha \Delta \Theta). \end{aligned}$$

де Θ - температура; $\Delta \Theta$ - температура природного (ненапруженого) стану; Q - потужність джерела тепла; C_v - об'ємна теплоємність; k - коефіцієнт теплопровідності; G - об'ємний модуль; α - лінійного теплового розширення; ν - коефіцієнт Пуассона; ϵ_{ij} , ϵ_{ij}^P - тензори деформацій та компоненти тензорів непружних деформацій.

Плоско-деформований стан характеризують:

- рівняння теплопровідності

$$C_v \dot{\Theta} = (k\Theta_{,x})_{,x} + (k\Theta_{,y})_{,y} - \frac{2\gamma}{h} (\Theta - \Theta_c), \quad (4)$$

- рівняння закону Гука

$$\sigma_{xx} = \frac{2G}{1-\nu} [\epsilon_{xx} - \epsilon_{xx}^P + \nu (\epsilon_{yy} - \epsilon_{yy}^P) - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta], \quad (5)$$

$$\sigma_{yy} = \frac{2G}{1-\nu} [\nu (\epsilon_{xx} - \epsilon_{xx}^P) + \epsilon_{yy} - \epsilon_{yy}^P - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta],$$

$$\sigma_{xy} = 2G (\epsilon_{xy} - \epsilon_{xy}^P),$$

$$\epsilon_{zz} = -\frac{1}{1-\nu} [(1-2\nu) (\epsilon_{xx}^P + \epsilon_{yy}^P) + \nu (\epsilon_{xx} + \epsilon_{yy}) - (1+\nu) \alpha \Delta \Theta]$$

де Θ_c - температура навколишнього середовища; γ - коефіцієнт тепловіддачі на вільних торцях; h - товщина стінки корпусу.

Виходячи з форм. 1 – 5, отримали характер поля залишкових напружень на внутрішній поверхні корпусу рис. 1.

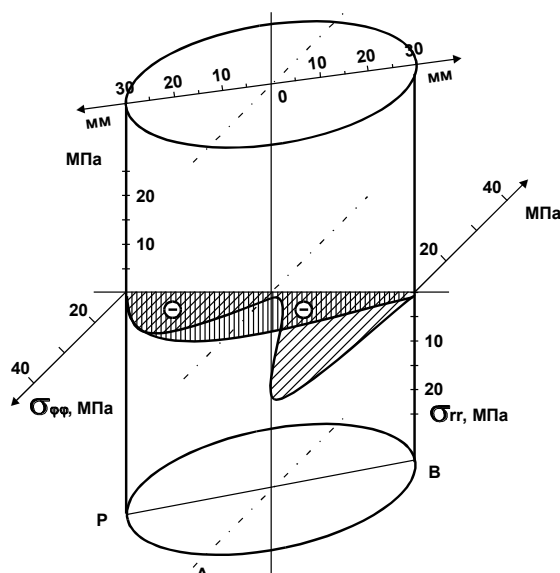


Рисунок 1 Теоретичний розподіл поля залишкових напружень $\sigma_{\phi\phi}$, σ_{rr} на внутрішній поверхні корпусу

Висновки

Наведені дослідження показують, що на поверхнях корпусу шестеренного насоса утворюється поле залишкових напружень стискуючого характеру. Що приводить до збільшення жорсткості корпусу шестеренного насоса та покращення умов роботи качаючого вузла.

Література

1. Кулешков Ю.В., Дубовик В.О. Підвищення ефективності технології відновлення корпусів насосів типу НШ – У пластичним деформуванням. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація./ Вип. 7. – Кіровоград: КДТУ, 2000. С. 170 – 174.
2. Патент України. № 4493. В23Р6/00. Спосіб відновлення шестеренної гідромашини пластичним деформуванням. /Кулешков Ю.В., Черновол М.І., Надворний Б.Є., Сенченков І.К., Дубовик В.О./ 15.03.2002. Бюл. №3.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Д. Теория упругости – 2-е изд. – М.: Наука., 1979. – 560 с.
4. Dexter R.J. Chen K.S., Const W.H. Elastic-viscoplastic finite-element analysis of a forging die// Int. J. Mech. Sci. – 1991. – 33, N8. – P. 659 – 674/.
5. Сенченков І.К., Табиева Г.А. Определение параметров модели Боднера-Партома термовязкопластического деформирования материалов// Прикл. механика. 1996. – 32, № 2. – С. 64 – 72.
6. Hrynkyv A. Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. Технологический аудит и резервы производства. - Харків : Технологічний центр. 2019. - № 3 (1). - С. 25-30.
7. Аулин В.В, Замота Т.Н., Замота О.Н., Гриньків А.В. Техноко-економическое обоснование преимущества интеллектуальной стратегии технического обслуживания и ремонта легкового автомобиля. Вісник інж. Академії України. 2017. №4. С. 50-56.