



ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

УДК 621.774

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ГІДРОМАШИНИ 310.224

Анісімов Віктор Федорович д.т.н., професор
Муzychuk Василь Іванович к.т.н, доцент
Гунько Ірина Василівна к.т.н, доцент
Ковальчук Олександр Васильович старший викладач
Вінницький національний аграрний університет
Anisimov V.
Muzychuk V.
Gunko I.
Kovalchuk A.
Vinnitsa National Agrarian University

Анотація: досліджені процеси виготовлення головки шатуна технологією холодного об'ємного висадження і з'єднання поршня з шатуном гідромашини. Надані рекомендації по удосконаленню досліджених технологічних процесів.

Ключові слова: технологія, технологічний процес, поршень, шатун.

Вступ

Гідромашина 310.224 служить для гідроприводу дорожніх, будівельних і комунальних машин. Вона розрахована для роботи при температурі повітря: для районів з помірним кліматом від мінус 45 до плюс 40⁰ С, з тропічним кліматом від мінус 10 до 45⁰ С.

Гідромашина (рис. 1) складається із слідуючих основних частин: вала 1, корпуса 7, семи поршнів 13 з шатунами 14, блока циліндрів 9, розподільника 10 і кришки 12.

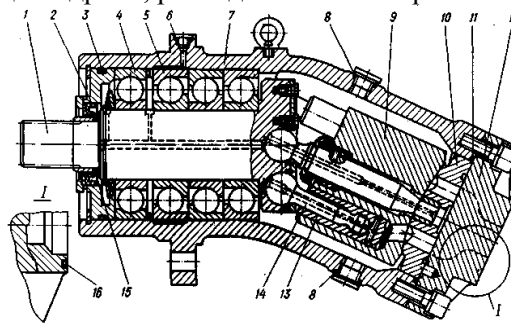


Рис. 1. Гідромашина 310.224

При роботі гідромашини робоча рідина подається (всмоктується) через отвір кришки і кільцеві пази розподільника в блок циліндрів, при збільшенні об'єму робочих камер за рахунок переміщення поршнів. Завдяки тому, що вісь вала і блока циліндрів знаходяться під кутом 25⁰, осьова і радіальна складові зусилля від шатунів, в місті їх контакту з валом, сприймаються радіальним 4 і радіально-упорним 5 шарикопідшипниками, а тангенціальна складова створює крутний момент відносно вісі вала гідромотора, переборюючи зовнішнє навантаження.

Основним елементом конструкції гідромашини, що забезпечує її ресурс, є пара поршень-шатун.

Традиційна технологія виготовлення головки шатуна, із сталі 30Х3МФА, заключається в механічній обробці на верстатах з ЧПУ, або ж фасонними різцями. Ця операція, з наступною термообробкою, забезпечує несприятливу технологічну спадковість, що приводить при експлуатації системи "поршень-шатун" до поломок у вигляді зломів на переході сферичної головки шатуна в циліндр, і виходу із строю гідромашини.

Технологічний процес виготовлення поршня заключається у відрізання заготовки із сталі 38Х2МЮА в стадії постачання. Після чого проводиться термічна обробка заготовки, в подальшому здійснюються операції точіння, свердління і шліфування.

Операцію зєднання поршня із шатуном виконують на різьбонакатному верстаті ГД-8. Після



з'єднання необхідно забезпечити такі параметри: пара “поршень-шатун” не повинна заклинюватись; величина осьового зазору між поршнем і шатуном не повинна перевищувати 0,12 мм. Однак при реалізації зазначеної технології з'єднання осьовий зазор коливається в великих межах, що зменшує ресурс гідромашини.

Постановка задачі

Метою даної роботи є дослідження процесів: виготовлення головки шатуна гідромашини технологією холодного об'ємного висадження замість різання, що дозволить підняти коефіцієнт використання металу до 93-98 %, знизить трудомісткість виготовлення, поліпшить механічні характеристики готового виробу; з'єднання поршня із шатуном для вивчення напружено-деформованого стану на різних стадіях формозміни, з метою виявлення механізму керування процесом, який дозволить зменшити брак у вигляді відхилення регламентованого зазору між поршнем і шатуном після з'єднання.

Результати дослідження

Для вирішення поставлених задач сформовано технологічний паспорт досліджуваних матеріалів [1] (сталів 30Х3МФА і 38Х2МЮА), з яких виготовляють шатун і поршень гідромашини. Згідно отриманих результатів розраховано інтенсивність напружень σ_u , інтенсивність деформацій e_u і побудовано криві течії, діаграми пластичності, криві Баушингера, градувальні графіки. Проведені дослідження показали істотний розкид твердості досліджуваних сталей. Цей факт указує на нестабільність механічних характеристик досліджуваних сталей, що приводить до нестабільності параметрів технологічного процесу заочучування.

Процес висадження головки шатуна досліджували моделюванням, замінивши сталь 30Х3МФА на сталь 45, із якої виготовляють шарові пальці автомобілів. В роботах [2, 3] показано, що в умовах холодного об'ємного висадження при інших рівних умовах (ступінь висадження, кути розчину матриць і інших параметрах) деформований стан практично не залежить від властивостей матеріалу, а також, якщо напружений стан показати в безрозмірних координатах $\eta - e_u$ (показник напруженого стану – інтенсивність деформації), то шляхи деформування при висадженні $\eta = f(e_u)$ також не залежать від властивостей матеріалу.

Використовуючи дані про розподіл усіх компонентів тензора деформацій, отриманих у роботах [2, 3] по волокнистій макроструктурі, подальший розрахунок деформацій при висадженні сферичних головок шатуна із сталі 30Х3МФА визначали за наступною методикою. Компоненти тензора деформацій розраховані з врахуванням коефіцієнта масштабного фактора, гідростатичний тиск σ знаходили за допомогою співвідношення:

$$\sigma = \frac{\sigma_u \eta}{3}, \quad (1)$$

де σ_u – інтенсивність напружень, η - показник напруженого стану $\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{\sigma_u} = \frac{3\sigma}{\sigma_u}$ ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ – головні напруження), що при однакових ступенях деформації мало залежить від властивостей матеріалу. Додаючи до σ компоненти девіатора напружень:

$$S_{ij} = \frac{2}{3} \frac{\sigma_u}{e_u} e_{ij}, \quad (2)$$

де e_{ij} – головні логарифмічні деформації, отримаємо:

$$\sigma_i - \sigma = \frac{2}{3} \frac{\sigma_u}{e_u} e_i, \quad (3)$$

Остаточно отримано напруження по осі r, z і rz :

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha; \\ \sigma_z &= \sigma_1 \sin^2 \alpha + \sigma_2 \cos^2 \alpha; \\ \tau_{rz} &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin^2 \alpha, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

де α - кут, що визначає головний напрямок, є функцією r, z : $\alpha = f(rz)$.

Контактні напруження (нормальні σ_n , дотичні τ_n) (рис. 2, 3) розраховували за допомогою формул перетворення:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_n &= \sigma_r \cos^2 \gamma + \sigma_z \sin^2 \gamma + \tau_{rz} \sin^2 \alpha; \\ \tau_n &= \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin^2 \gamma = \tau_{rz} \cos^2 \gamma, \end{aligned} \right\} \quad (5)$$



де кут γ показаний на рис. 3.

Інформація про напружено-деформований стан при холодному висадженні сферичних головок шатуна дозволила зробити оцінку деформуємості заготовок. Ресурс пластичності виявився $\psi = 0,7 < 1$, що дозволяє здійснювати процес висадження в холодному стані. Показано, що контактні напруження при висадженні сферичної головки шатуна зростають у порівнянні з холодним штампуванням шарових пальців зі сталі 45.

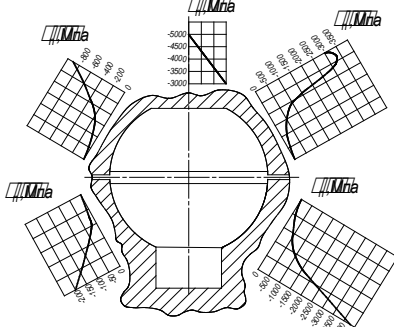


Рис. 2. Контактні напруження при холодному висадженні головки шатуна

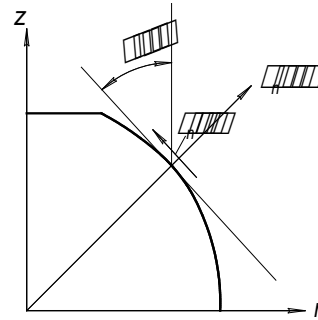


Рис. 3. Схема до визначення контактних напружень при штампуванні

На підставі аналізу рівня і характеру розподілення контактних напружень запропонована конструкція висадочних матриць. Обидві матриці одnobандажні, тому що максимальне значення σ_n не перевищує 5000 МПа. Збільшення максимуму нормальних напружень і підвищення значення дотичних напружень викликає необхідність застосування твердосплавних робочих вставок, запресованих у бандаж з боку робочого торця верхньої матриці. Поряд із забезпеченням необхідного рівня напружень в зоні найбільших контактних навантажень цей прийом скорочує витрати твердого сплаву, оскільки довжину робочої вставки верхньої матриці можна зменшити.

В умовах масового випуску шатунів робочі вставки матриць рекомендується виготовляти з твердого сплаву ВК20. При менших обсягах виробництва краще застосовувати сталь Х12М. В обох випадках бандажі виготовляють зі сталі 35ХГСА або 35ХГНА.

При вивченні процесу з'єднання пари “поршень-шатуна” гідромашини розроблено метод розрахунку напружено-деформованого стану [4]. По твердості визначена інтенсивність напружень і інтенсивність деформацій. Інтегруванням диференціальних рівнянь рівноваги отримані компоненти тензора напружень. Остаточно отримані нами формули мають вигляд:

$$\sigma_\rho = \sigma_\theta + \frac{\mu\sigma_k}{s \sin \alpha} \left(1 + \frac{z}{R_\theta} + \frac{2z}{R_\rho} \right) \frac{\rho}{2} + \sigma_m \frac{r_0}{\rho}, \quad (6)$$

$$\sigma_\rho - \sigma_\theta = \sigma_u, \quad (7)$$

$$\sigma_k = \frac{\left(\sigma_u - \sigma_m \frac{r_0}{\rho} \right) 2s \sin \alpha}{\mu\rho \left(1 + \frac{z}{R_\theta} + \frac{2z}{R_\rho} \right)} \quad (8)$$

де σ_ρ – радіальне, σ_θ – тангенціальне, σ_m – меридіональне, σ_k – контактне напруження, μ – коефіцієнт тертя $\mu=0,28 \dots 0,32$. Геометричні параметри $s, z, \rho, r_0, R_\theta, R_\rho, \alpha$ показано на рис. 4-5.

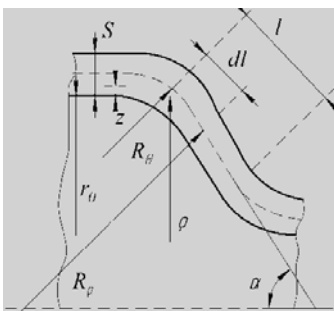


Рис. 4. Елемент з'єднувального поршня

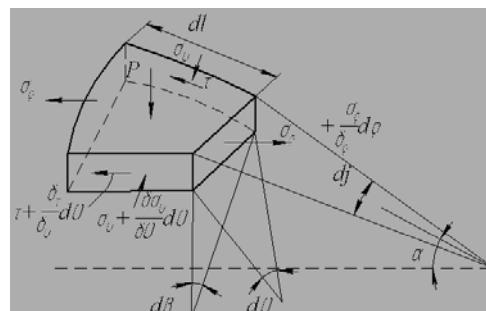


Рис. 5. Напружений стан елемента з'єднувального поршня



Крім розглянутого вище методу розрахунку напружено-деформованого стану при зеднанні пари поршень-шатун гідромашини, експериментально визначали також кінематику деформування. При проведенні експериментів на внутрішню поверхню шатуна наносили подільну сітку базою 1 мм. (рис. 6).

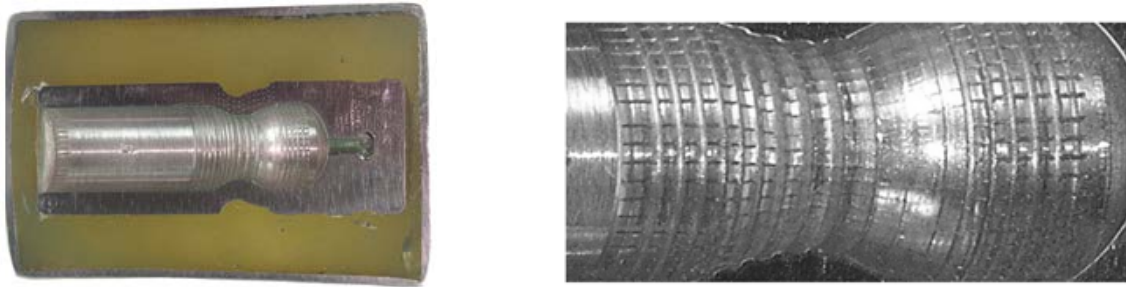


Рис. 6. Розріз поршня після операції зеднування з викривленою подільною сіткою

По викривленій подільній сітці визначали компоненти тензора деформацій. При цьому головну окружну деформацію розраховували по формулі:

$$e_{\theta} = \ln \frac{\theta_0}{\theta_i}, \quad (9)$$

головну деформацію в меридіональному напрямку розраховували по формулі:

$$e_m = \ln \frac{z_i}{z_0}, \quad (10)$$

а радіальну деформацію з умови сталості об'єму (умова нестисливості):

$$e_{\rho} = -e_m - e_{\theta}. \quad (11)$$

У формулах (9), (10), $z_0, z_i, \theta_0, \theta_i$ – відстань між вузлами подільної сітки, z_0, θ_0 до, і z_i, θ_i після деформування (рис 7).

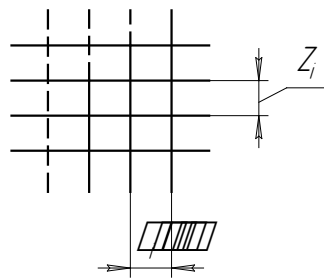


Рис. 7. Подільна сітка при з'єднанні пари "поршень-шатун"

Згідно формул (9), (10), (11), а також фактично обмірюваним параметрам деформованої подільної сітки $e_m \equiv e_1 > 0$, $e_{\theta} \equiv e_2 < 0$, $e_{\rho} \equiv e_3 < 0$, знаючи величину головних деформацій на внутрішній частині заготовки поршня, можна розрахувати інтенсивність деформацій по формулі:

$$e_u = \frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{e_m^2 + e_{\theta}^2 + e_m e_{\theta}}, \quad (12)$$

За допомогою співвідношень деформаційної теорії пластичності розраховували компоненти девіатора напружень.

Отримана інформація про кінематику течії в процесі заочування дозволила виявити механізм утворення нерегламентованих осьових зазорів між поршнем і шатуном. Показано, що основними бракувальними ознаками при заочуванні є невідповідність регламентованих осьових зазорів внаслідок різних механічних характеристик досліджуваних сталей, непрямим проявом яких є твердість. Найбільше значення твердості, а отже накопиченої інтенсивності деформацій, виявляється поблизу контакту деформуючого ролика.

При підвищеній твердості заготовки поршня із сталі 38Х2МЮА окружні і меридіональні



2. Огородников В.А. Оценка деформируемости металлов при обработке давлением. – К.: Высшая школа, 1983. – 175 с.

3. Огородников В.А., Рвачев М.А., Покрас В.Д., Гайдамак О.Л. Моделирование напряженного состояния в процессах объемного формоизменения на основании гипотезы о подобии путем деформирования // Кузнечно-штамповое производство. – 1991. - № 11. – С. 2-4.

4. Нахайчук О.В., Огородников В.А., Музычук В.И. Напряжённо-деформированное состояние процесса закатки поршня-шатунa поршневого насоса // Вибрации в технике и технологиях. – 2005. - № 2(40). – С. 63-66.

5. Огородников В.А., Музычук В.И. Шляхи удосконалення нерегульованих насосів і гідромоторів // Промислова гідравліка і пневматика. – 2007.- № 1(15).- С. 100-104.

References

1. Ogorodnikov V.A., Grushko A.V., Muzychuk V.I. V tekhnologicheskome pasporte materiala zagotovok porshnya s shatunom aksial'no-rotornogo porshnevoogo nasosa // Promyshlennaya gidravlika i pnevmatika. - 2004.- № 4 (6) .- S. 88-92.

2. Ogorodnikov V.A. Otsenka deformiruyemosti metallov pri obrabotke davleniyem. - M .: Vysshaya shkola, 1983. - 175 s.

3. Ogorodnikov V.A., Rvachev M.A., Pokras V.D., Gaydamak A.L. Modelirovaniye napryazhennogo sostoyaniya v protsessakh ob"yemnogo formoizmeneniya na osnovanii gipotezy o podobiiyu putem deformirovaniya // Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. - 1991. - № 11. -S. 2-4.

4. Nakhaychuk A.V., Ogorodnikov V.A., Muzychuk V.I. Napryazhonno-deformirovannoye sostoyaniye protsessa zakatki porshnya-shatuna porshnevoogo nasosa // Vibratsii v tekhnike i tekhnologiyakh. - 2005. - № 2 (40). - S. 63-66.

5. Ohorodnikov V.A., Muzychuk V.I. Shlyakhy udoskonalennya nerehulovanikh nasosiv y hidromotoriv // Promyslova hidravlika y pnevmatyka. - 2007.- № 1 (15) .- S. 100-104.

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ГИДРОМАШИНЫ 310.224

Аннотация: исследованы процессы изготовления головки шатуна технологии холодной объемной высадки и соединения поршня с шатуном гидромашины. Даны рекомендации по совершенствованию исследованных технологических процессов.

Ключевые слова: технология, технологический процесс, поршень, шатун.

STUDY MAIN ELEMENTS HYDRAULIC 310.224

Summari: she connecting rod manufacturing process technology of cold bulk planting piston and connecting rod of Hydraulic. Recommendations for improving the investigated processes.

Keywords: technology, process, piston, connecting rod.