УДК 620:178.3

ЗАСТОСУВАННЯ ПРИСКОРЕНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ПОРІВНЯЛЬНОЇ ОЦІНКИ ГРАНИЦІ ВИТРИВАЛОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ РІЗНИМИ СПОСОБАМИ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ДВЗ

А. В. Конопльов, О. М. Шумило, О. М. Кононова, Н. І. Чередарчук, В. В. Галевський, О. К. Рожко
Одеський національний морський університет

Анотація: *З економічної точки зору колінчасті вали ДВЗ доцільно відновлювати, що дозволяє заощаджувати до 30 % їх вартості. В останні роки розроблено велику кількість таких методів, серед яких найбільш перспективними є електродугове наплавлення в середовищі вуглекислого газу з видуванням тріщин, широкошарове наплавлення з використанням порошкового дроту, вібродугове наплавлення у воднево-кислому середовищі, детонаційне напилення* Al_2O_3 Al_2O_3 Al_2O_3 *та низку інших. Удосконалення цих способів відновлення може здійснюватися тільки за наявності точних експериментальних методів оцінки втомної міцності відновлених колінчастих валів, оскільки надійних розрахункових методик для вирішення цього завдання поки що не існує. Тривалі методи випробувань для цих цілей також малопридатні, оскільки вимагають великих матеріальних витрат та тривалого часу на проведення експерименту. Раціональним вирішенням цієї проблеми є застосування прискорених методів, які за точністю не поступаються тривалим, і в той же час дозволяють оперативно оцінювати вплив технологій відновлення колінчастих валів на їх втомну міцність.*

Ключові слова: *колінчасті вали, відновлення зношених поверхонь, експериментальні методи визначення характеристик опору втомі.*

APPLICATION OF ACCELERATED METHOD FOR VOMPARATIVE EVALUATION OF ENDURANCE LIMITS OF ICE CRANKSHAFTS RESTORED BY VARIOUS METHODS

A. V. Konoplev, O. M. Shumylo, O. M. Kononova, N. I. Cheredarchuk, V. V. Halevskyi, O. K. Rozhko
Odessa National Maritime University

Abstract: *From an economic point of view, it is advisable to restore the crankshafts of internal combustion engines, which allows saving up to 30 % of their cost. In recent years, a large number of such methods have been developed, among which the most promising are arc surfacing in a carbon dioxide environment with crack blowing, wide-layer surfacing using flux-cored wire, vibro-arc surfacing in a hydrogen-acid medium, detonation spraying* Al_2O_3 Al_2O_3 Al_2O_3*, and a number of others. The improvement of these restoration methods can be carried out only if there are accurate experimental methods for assessing the fatigue strength of restored crankshafts, since there are no reliable calculation methods for solving this problem yet. Long-term test methods for these purposes are also of little use, since they require large material costs and a long time for the experiment. A rational solution to this problem is the use of accelerated methods, which are not inferior in accuracy to long-term ones, and at the same time allow you to quickly evaluate the effect of crankshaft restoration technologies on their fatigue strength.*

Keywords: *crankshafts, restoration of worn surfaces, experimental methods for determining fatigue resistance characteristics.*

Для проведення натурних випробувань відновлених колінчастих валів або їх елементів на опір втомі потрібне спеціальне дороге обладнання. Слід також врахувати і те, що самі колінчасті вали мають чималу вартість. Цим пояснюється те, що у літературі рідко зустрічаються результати їх випробувань. Більшість із опублікованих результатів випробувань цих об'єктів отримано при випробуваннях при стаціонарному навантаженні. Поряд із цим є й інша причина малої кількості таких даних, а саме відсутність надійних прискорених методів.

Натурні випробування великогабаритних колінчастих валів потужних суднових дизелів, тракторів та вантажних автомобілів проводять з метою контролю якості їх втомних характеристик. При цьому окремо розглядаються питання, пов'язані із випробуваннями відновлених валів. Саме для таких деталей найчастіше застосовують експериментальні методи, у тому числі і прискорені, засновані на випробуваннях з навантаженням, що збільшується. Зумовлено це тим, що на цей час розроблено багато ефективних способів відновлення деталей, причому їх характеристики опору втоми практично не поступаються новим. До них можна віднести електродугове наплавлення в середовищі вуглекислого газу з видуванням тріщин, широкошарове наплавлення з використанням порошкового дроту, вібродугове наплавлення у воднево-кислому середовищі, детонаційне напилення Al_2O_3 Al_2O_3 та низку інших. Активний пошук інших, досконаліших способів відновлення деталей триває й у наш час [1, 2]. Оцінити ефективність того чи іншого способу відновлення можна тільки на основі проведення порівняльних випробувань на втому.

Розглянемо застосування прискореного методу, заснованого на випробуваннях зі зростаючим навантаженням, на конкретному прикладі. Зокрема, з його допомогою порівняємо втомні характеристики нових та відновлених колінчастих валів тракторів та автомобілів.

Випробування колінчастих валів замінюють випробуванням окремих колін, що вирізаються з цілого валу (рис. 1).

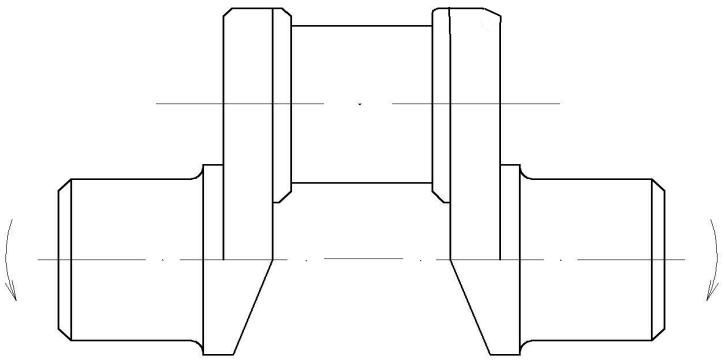


Рисунок 1 – Елемент колінчастого валу, що вирізається з цілої деталі

При проведенні випробувань ідентичність експлуатаційних та стендових випробувань при цьому зберігається. Як і в експлуатації, руйнування відбувається в найбільш слабких місцях – щоках від напружень вигину. Такий прийом дозволяє з одного валу отримати кілька колін, що дозволяє економити ці деталі. Нижче в таблиці 1 представлені результати випробувань нових та відновлених колінчастих валів за даними роботи [3]. Ці випробування проводилися з метою оцінки впливу методу відновлення колінчастих валів на їхню втомну міцність. Границі витривалості як нових, так і відновлених валів визначалися методом «вгору – вниз» [4].

Таблиця 1 – Результати тривалих та прискорених випробувань, а також розрахункові значення різниць меж витривалості колінчастих валів Д-54 (нових та відновлених) за даними роботи [3]

№ п/п	σ_P^H, МПа Д-54 (нові)	σ_P^B, МПа Д-54 (відн.)	$\sigma_P^H - \sigma_P^B$, МПа	α, Па/цикл	$(\sigma_{\text{R}}^{\text{дл}})_{нов.} - (\sigma_{\text{R}}^{\text{дл}})_{відн.}$, МПа	$\delta_{абс}$, МПа
1	130	125	5	40	8	–3
2	160	165	5	80	8	–3
3	180	170	10	170	8	2
4	230	200	30	350	8	22
Середні значення			12,5		8	4,5

Абсолютну похибку $\delta_{абс}$ визначали за формулою

$$\delta_{абс.} = (\sigma_{\text{R}}^{\text{дл}})_{нов.} - (\sigma_{\text{R}}^{дл})_{вост} . \quad (1)$$

Щоб визначити, наскільки отримані у табл. 1 значення прийнятні для порівняльної оцінки границь витривалості, розрахуємо відносну середню помилку $\delta_{отн.}$ залежно

$$\delta_{отн.} = \frac{\overline{\Delta}\sigma_P - \overline{\Delta}\sigma_{\text{R}}}{(\sigma_{\text{R}})_{нов.}} 100 = \frac{12{,}5 - 8{,}0}{86} = 5{,}2\% . \quad (2)$$

Цю похибку можна вважати прийнятною, оскільки припустима відносна помилка визначення границі витривалості становить 12 % [5].

Висновки. 1. Для порівняльної оцінки міцності втоми відновлених колінчастих валів доцільно використовувати експериментальні методи, у тому числі прискорені.

2. Перевірка прискореного методу на нових і відновлених колінчастих валах показала, що його точність достатня для вирішення завдання, оскільки похибка оцінки границі витривалості не перевищує допустиму величину для прискорених методів.

3. Він також відрізняється економічністю, оскільки для його реалізації необхідно випробувати мінімальну кількість об'єктів (у граничному випадку може бути реалізований при випробуванні всього одного об'єкта).

ЛІТЕРАТУРА

1. Стальниченко О. И., Иоргачёв Д. В., Иоргачёв В. Д. Восстановление деталей судов. – К.: ДП НВЦ «Пріоритети», 2014. – 290 с.
2. Стальниченко О. И., Иоргачёв Д. В., Иоргачёв В. Д. Технологии восстановления и упрочнения деталей судов технического флота. – Одесса: Изд-во ОНМУ. – 2019. – 240 с.
3. Крамаренко О. Ю., Балаковский О. Б. Методика ускоренной оценки рассеяния пределов выносливости // Заводская лаборатория. – 1971. – № 3. – С. 343–350.
4. Степнов М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
5. Олейник Н. В., Скляр С. П. Ускоренные испытания на усталость. – К.: Наук. думка, 1985. – 304 с.

Конопльов Анатолій Васильович *д.т.н., професор, зав. кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету. https://orcid.org/0000-0001-5562-402X; avkonmu@rambler.ru.*

Шумило Олександр Миколайович *к.т.н., доцент кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету. ORCID ID: 0000-0003-0574-1954; shumylo.alexander@gmail.com.*

Кононова Ольга Миколаївна *к.т.н., доцент кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету. https://orcid.org/0000-0001-6966-7223; olgakononova120276@gmail.com*

Чередарчук Наталія Іванівна *к.т.н., доцент кафедри математики, фізики та астрономії Одеського національного морського університету.*

Галевський Володимир Володимирович *старший викладач кафедри «Машинознавство» Одеського національного морського університету. https://orcid.org/0000-0003-0889-2739; galevsk@gmail.com*

Рожко Олена Костянтинівна *асистент кафедри «Прикладна механіка» Одеського національного морського університету.*