

УДК 621.797.23

РОЗРАХУНОК НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ МЕТАЛУ, ЯКИЙ ТРЕБА ПЕРЕМІСТИТИ ДО ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ШАТУНА ПРИ ЙОГО ВІДНОВЛЕННІ ГАРЯЧИМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Кулешков Ю.В. д.т.н., проф.

Руденко Т.В., к.т.н., доц.

Рейфшнейдер О. Е.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Abstract

A promising method of restoring the rods of motor-vehicle engines is a method of hot plastic deformation. This method provides a number of primes before the existing methods, namely, in the process of processing parts of the pressure is the "healing" microcracks, the material of the reconstructed parts is characterized by a fibrous structure with the direction of the fibers, respectively, the external contour, the smaller grain size at the same components of the microstructure as in the batch parts, a more even distribution of hardness across the intersection and lower residual stresses, which contributes to the improvement of the physical and mechanical properties of the metal.

When developing the technological process of restoring the connecting rod by hot plastic deformation, the task of determining the amount of metal that needs to be moved to the worn parts of the piece appears.

In the article, the theoretical bases of the method of calculating the amount of metal, which should be moved to the worn parts of the part with the purpose of restoration and creation of a drop under subsequent machining, were developed. The result was achieved by breaking the complex bulk form of the connecting rod into separate elements, the volume which was calculated by the integration of the corresponding differentials.

Keywords: connecting rods, hot plastic deformation, recovery method, volume of moving metal

Вступ

Підвищення надійності роботи автотракторного парку країни можливо за рахунок систематичного та високоякісного проведення технічних оглядів та своєчасного та якісного ремонту, що зумовлює постійну її готовність до роботи, високу економічну ефективність виконуваних робіт. Зокрема одним з резервів підвищення ефективності використання техніки та економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів є відновлення зношених деталей.

Аналіз попередніх досліджень

Можна нарахувати понад десять різних способів відновлення шатунів автотракторних двигунів. Серед них різні види наплавлення: в середовищі CO₂ вібродугове наплавлення та наплавлення під шаром флюсу.

Для всіх з перелічених методів характерний суттєвий недолік – термічний вплив на основний метал деталі, що суттєво знижує втомлену міцність шатуна.

Суттєво менший вплив на основний метал шатуна створює контактна наварка стрічки. Гальванічні покриття – хромування або залізненням доцільно використовувати при великій партії деталей адже метод досить тривалий у часі. Також в останній час в ремонтному виробництві широке розповсюдження знайшов метод електролітичного натирання. Однак ці способи відновлення не позбавлений недоліків, а саме виникнення значних сил розтягування в зоні осадження металу.

Але понад 20% шатунів, що надходить в ремонт мають такі дефекти, як викривлення та згин стержня шатуна. Оскільки жоден з вище перерахованих способів не в змозі усунути зазначені дефекти, то ці шатуни вимушено вибраковуюються. Тобто жоден з існуючих технологічних процесів не забезпечує комплексного усунення всіх дефектів шатуна.

Постановка проблеми

Одним з прогресивних індустриальних методів відновлення деталей є метод пластичного деформування тиску, що полягає в переміщенні наявного в деталі запасу металу до зношених поверхонь [1]. При відсутності необхідного запасу металу в тілі деталі на її найменш навантажені поверхні наноситься компенсуючий метал, потім деталь нагрівають до температури пластичної деформації та обробляють тиском. В процесі такої обробки здійснюється деформуючий вплив на компенсуючий метал і переміщення основного матеріалу до зношених поверхонь деталі. Подальша термічна і механічна обробка відбувається за скороченим технологічним циклом виготовлення нової деталі [1].

Нагрівання деталей до кувальної температури здійснюється в соляних печах, штампування проводиться в спеціальних штампах закритого типу на гідравлічних пресах [2]. Встановлено, що в процесі обробки деталей тиском відбувається «заліковування» мікротріщин, матеріал відновлених деталей характеризується волокнистою структурою з направленням волокон відповідно зовнішньому контуру, меншою величиною зерна при тих же складових мікроструктури, що і у серійних деталей, більш рівномірним розподілом твердості по перетину і меншими залишковими напруженнями, що сприяє поліпшенню фізико-механічних властивостей металу [1- 9]. Втомна міцність відновлених деталей вище, ніж у серійних, на 15...20% [3 -9]. Створення в процесі гарячого об'ємного штампування мінімально необхідних припусків по всім оброблюваним поверхням забезпечує повну відповідність всіх робочих параметрів деталей технічним вимогам креслень заводів-виготовлювачів [1- 9].

При розробці технологічного процесу відновлення шатуна гарячим пластичним деформуванням необхідно, проектуванні штампової оснастки в першу чергу, визначити кількість металу, який потрібно перемістити до зношених ділянок деталі.

Мета та завдання

Метою дослідження є створення теоретичної бази, що дає можливість розрахувати об'єм металу, який необхідно перемістити до зношених ділянок деталі.

Результати вирішення основних завдань

Об'єм металу, необхідний для компенсації зносу і створення припуску під подальшу механічну обробку отворів кривошипної і поршневої головок, визначається наступним чином (рис. 1)

$$V_{0j} = h \cdot \int_0^{S_j} \int_{\rho_1 - 0,5 t_1}^{\rho_1 + 0,5 \Delta_1} \partial S \partial \rho \quad (2)$$

де $j=1...7$ - номер зони шатуна рис. 1; V_{0j} - об'єм металу, переміщуваного до поверхні отвору, у відповідній зоні, мм³; h - висота головки, мм; ρ_1 - номінальний радіус отвору, мм; S_j - довжина дуги, мм; φ_j - кут охоплення зони, град; Δ_1 - максимальний знос на діаметр, мм; t_1 - припуск під механічну обробку, мм;

$$\partial S = \left(\frac{\pi \cdot \rho}{180} \right) \partial \varphi \quad (3)$$

Підставляючи вирази S_j і ∂S в (2), отримаємо

$$V_{0j} = h \cdot \int_0^{S_j} \int_{\rho_1 - 0,5 t_1}^{\rho_1 + 0,5 \Delta_1} \partial S \partial \rho = \frac{\pi \cdot h}{1440} [\Delta_1 - t_1 + 2 \cdot d \cdot (\Delta_1 + t_1)] \cdot \varphi_j, \quad (4)$$

де d - номінальний діаметр отвору головки шатуна, мм.

Торці кривошипної головки

$$V_{\partial j} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (\Delta_2 + t_2)}{180} \cdot \int_0^{\varphi_j} \int_{\rho_1}^{\rho_2} \rho \cdot \partial \varphi \cdot \partial \rho = \frac{\pi}{360} (\rho_2^2 - 0,25 \cdot d^2) \cdot (\Delta_2 + t_2) \cdot \varphi_j, \quad (5)$$

де $V_{\partial j}$ - об'єм металу, що переміщується до торців кривошипної головки в зоні, мм³; Δ_2 - максимальний двосторонній знос торців, мм; t_2 - припуск на подальшу механічну обробку на два торця, мм.

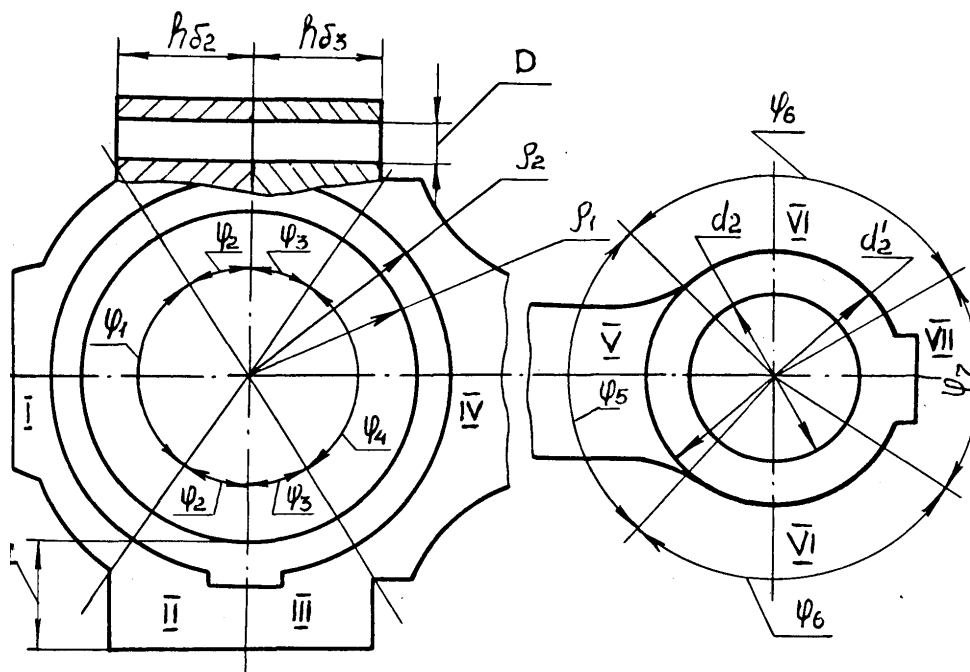


Рисунок 1 Схема для розрахунку об'єму переміщуваного металу

Об'єм металу, необхідний для компенсації зносу і створення припуску під подальшу механічну обробку отворів під шатунний болт (рис. 1

$$V_{\delta j} = \frac{\pi \cdot h \cdot \delta_j}{4} \cdot \int_{D_0 - t_3}^{D_0 + \Delta_3} D \cdot dD = \frac{\pi \cdot h \cdot \delta_j}{4} [\Delta_3^2 - t_3^2 + 2 \cdot D \cdot (\Delta_3 + t_3)], \quad (6)$$

де $V_{\delta j}$ - об'єм металу, переміщуваного до поверхні отвору під болт, мм³; Δ_3 - максимальні знос отвору, мм; t_3 - припуск на подальшу механічну обробку отвори під болт на діаметр, мм; $h \cdot \delta_j$ - висота бобишки болта, мм.

Поверхні роз'єму шатуна і кришки

$$V_p = h_{\text{D}} \cdot H \cdot (\Delta_4 + t_4) \quad (7)$$

де V_p - об'єм металу, переміщуваного до поверхні роз'єму, мм³; Δ_4 - знос бобишки шатунного болта, мм; t_4 - припуск під механічну обробку, мм; h_{D} - ширина опорної поверхні, мм (рис. 1)

Компенсація зносу до створення припусків під механічну обробку поверхонь кривошипної головки в зоні I (рис.1) здійснюється шляхом зменшення розмірів вагової бобишки або за рахунок компенсуючого металу, що наноситься на її поверхню; в зонах II і III - нанесенням компенсуючого металу на поверхні роз'єму шатуна і кришки; в зоні IV - частковим переміщенням матеріалу стержня. У поршневій головці усунення зносу отвору досягається за рахунок зменшення товщини стінки в зоні VI, використання матеріалу стержня - в зоні V і матеріалу вагової бобишки, на яку може бути нанесений компенсуючий метал - в зоні VII.

Об'єм металу, переміщуваного з вагової бобишки до зношених поверхонь кришки шатуна в зоні I визначається залежністю

$$V_1 = V_{01} + V_{\text{D}1} \quad (8)$$

Кількість компенсуючого металу, що наноситься на поверхні роз'єму кришки і шатуна, розраховується за формулами:

$$V_2 = 2 \cdot (V_{02} + V_{\text{D}2} + V_{p2}); \quad V_3 = 2 \cdot (V_{03} + V_{\text{D}3} + V_{p3}) \quad (9)$$

Об'єм металу, що витісняється з стержня в зону IV кривошипної головки:

$$V_4 = V_{04} + V_{\text{D}4} \quad (10)$$

В зони V, VI і VII поршневій головці

$$V_5 = V_{05}; \quad V_6 = V_{06}; \quad V_7 = V_{07} \quad (11)$$

Результати розрахунку об'єму металу, необхідного для компенсації зносів і створення припусків під обробку різанням різних поверхонь шатунів двигунів ЗІЛ-130 і ЗМЗ-53, представлені в таблицях 1 і 2.

Таблиця 1. Результати розрахунку об'єму металу необхідного для відновлення шатуна двигуна ЗИЛ – 130 пластичним деформуванням з урахуванням припусків під наступну механічну обробку

Найменування параметра	Найменування і номери зон при розбивці шатуна на елементарні частини														
	Кришка шатуна						Кривошипна голівка						Поршнева голівка		
	I		II				III				IV		V	VI	VII
	Отвір	Торці	Отвір	Торці	Отвір під болти	Пов-ня роз'єму	Отвір	Торці	Отвір під болти	Пов-ня роз'єму	Отвір	Торці	Отвір	Отвір	Отвір
Величина зносу Δ_j , мм	0,12	0,5	0,12	0,5	0,09	0,12	0,12	0,5	0,09	0,12	0,12	0,5	0,10	0,10	0,10
Припуск, t_j , мм	1	1	1	1	3	2	1	1	3	3	1	1	1	1	1
Номінальний розмір, мм	69,5	29	69,5	29	11,2	31	69,5	29	11,2	28,5	69,5	28	28	28	28
Кут охоплення зони, град	90°		45°				40°				100°		120°	80°	80°
Об'єм металу необхідний для компенсації зносів, мм ³	808,4	415,3	440,2	207,7	1469	928,3	391,3	184,6	1347	928,3	978,2	461,4	570,9	380,6	380,6
Загальний об'єм металу по елементам шатуна, мм ³	1223,7		3041,75				2851,6				1347,4		570,9	380,6	380,6

Загальна кількість металу, що необхідна для компенсації зносів і утворення припусків під наступну механічну обробку становить $V_{\text{заг}} = 9796,3 \text{ мм}^3$

Таблиця 2. Результати розрахунку об'єму металу необхідного для відновлення шатуна двигуна ЗМЗ – 53 пластичним деформуванням з урахуванням припусків під наступну механічну обробку

Найменування параметра	Найменування і номери зон при розбивці шатуна на елементарні частини (рис. 2.9)														
	Кришка шатуна						Кривошипна голівка						Поршнева голівка		
	I		II				III				IV		V	VI	VII
	Отвір	Торці	Отвір	Торці	Отвір	Пов-ня роз'єму	Отвір	Торці	Отвір	Пов-ня роз'єму	Отвір	Торці	Отвір	Отвір	Отвір
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17
Величина зносу Δ_j , мм	0,13	0,4	0,13	0,4	0,08	0,13	0,13	0,4	0,08	0,13	0,13	0,4	0,09	0,09	0,09
Припуск, t_j , мм	1	1	1	1	3	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1

продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	15	16	17
Номінальний розмір, мм	63,5	25,9	63,5	25,9	10,0	23	63,5	25,9	10,0	25	63,5	25,9	26,7	26,7	26,7
Кут охоплення зони, град	120°		30°			40°				100°		90°	115°	40°	
Об'єм метала необхідний для компенсації зносів, мм ³	965,9	421,9	341,5	105,5	949,8	1068,4	321,0	140,6	1032	1068,4	807,9	351,6	331,3	423,4	147,3
Загальний об'єм метала по елементам шатуна, мм ³	1387,8		2465,2			2563,4				1156,5		331,3	423,4	147,3	

Загальна кількість металу, що необхідна для компенсації зносів і утворення припусків під наступну механічну обробку становить $V_{\text{заг}} = 8475,0 \text{ мм}^3$.

Висновки

1. Жоден з існуючих технологічних процесів (окрім методу гарячого пластичного деформування) не забезпечує комплексного усунення всіх дефектів шатуна, зокрема такі дефекти, як викривлення та згин стержня шатуна.

2. В процесі обробки деталей тиском відбувається «заліковування» мікротріщин, матеріал відновлених деталей характеризується волокнистою структурою з направленням волокон відповідно зовнішньому контуру, меншою величиною зерна при тих же складових мікроструктури, що і у серійних деталей, більш рівномірним розподілом твердості по перетину і меншими залишковими напруженнями, що сприяє поліпшенню фізико-механічних властивостей металу.

3. Однією з першочергових задач, що постає при розробці технологічного процесу відновлення шатуна гарячим пластичним деформуванням є визначення кількості металу, який потрібно перемістити до зношених ділянок деталі.

4. Розроблені теоретичні основи методики розрахунку кількості металу, який потрібно перемістити до зношених ділянок деталі з їх метою відновлення і створення припуску під послідуєчу механічну обробку. Результат був досягнутий шляхом розбивання складної об'ємної форми шатуна на окремі елементи, об'єм, яких обчислювався інтегруванням відповідних диференціалів.

5. За отриманим виразами було обчислено необхідну кількість металу, який потрібно перемістити до зношених ділянок для конкретних шатунів. Для автомобіля ЗИЛ 130 необхідна кількість металу становить $V_{\text{заг}} = 9,796 \text{ см}^3$, а для автомобіля ГАЗ 53 - $V_{\text{заг}} = 8,475 \text{ см}^3$.

Література

1. Бисекенов А.Б. Разработка и исследование процесса восстановления давлением шестерен, изношенных по торцам и толщине зубьев. -Дис... канд.техн.наук. - Саратов, 1978.
2. Кириллов А.В. Разработка технологии восстановления горяч* объемной штамповкой цилиндрических дисковых зубчатых кол* непостоянного зацепления. -Дис... канд.техн.наук. -Саратов 1983.
3. Пашин Ю.Д., Кириллов А.В. Восстановление цилиндрических зубчатых колес. -Степные просторы, 1982, .№ 9. -52 с.
4. Механика пластических деформаций при обработке металлов / Томсен З., Янг И., Кобаяши Ш. -М.: Машиностроение, 1969. —504 с.
25. Стопанский Л.Г. Расчеты процессов обработки металлов давлением . ; -М.: Машиностроение, 1979. - 215 с.
6. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. - М.: Машиностроение, 1977. -423 с.
7. Теория обработки металлов давлением (Вариационные метода расчета усилия и деформаций) /И.Я.Тарновский, А.А.Поздеев О.А.Ганаго и др. Под ред. И.Я.Тарновского. -М.: Металлургиздат, 1963. -672 с.
8. Теория пластических деформаций металлов / Е.П.Унксов, У.Джонсон, В Л.Колмогоров и др. Под ред.Е.П.Унксова, А.Г.Овчинникова. -М.: Машиностроение, 1983. -598 с.
9. Хензель А., Шпигель Т. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки металлов давлением: Справ.изд. Пер. с нем. -М.: Металлургия, 1982. -360 с.
10. Hrynkiw 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.
11. Аулин В.В, Замота Т.Н., Замота О.Н., Гринькив А.В. Техно-экономическое обоснование преимущества интеллектуальной стратегии технического обслуживания и ремонта легкового автомобиля. Вісник інж. Академії України. 2017. №4. С. 50-56.