

УДК 656.088

НАДЕЖНОСТЬ ПОСАДКИ С НАТЯГОМ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ КРЫШКИ КОРПУСА ТУРБОКОМПРЕССОРА

Г. В. Редреев¹, В. В. Евстифеев², А. Н. Русанов¹, Ю. А. Евсеев³

¹ ОмГАУ им. П. А. Столыпина, Россия, г. Омск;

² ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

³ НПО «Микроникс», Россия, г. Омск.

Аннотация. Представлена модель нагружения крышки корпуса турбокомпрессора, восстановленной ремонтной втулкой с натягом, позволяющая прогнозировать распределение напряжений в материале втулки и крышки в зависимости от размеров соединения, вида нагрузки на втулку и определять допуски на ремонтные размеры втулки и крышки, обеспечивающие неподвижность получаемого соединения, а также гарантировать отсутствие трещинообразования в крышке, изготавливаемой из чугуна.

Ключевые слова: ремонтная втулка, соединение с натягом, распределение напряжений, допуски на размеры, трещинообразование.

Введение

Одним из наиболее изнашивающихся сопряжений турбокомпрессора является «крышка корпуса подшипников – кольца маслоотражателя». При ремонте сопряжений способом вставки ремонтной втулки возникают проблемы, связанные с качеством посадок с натягом.

Условия работоспособности сопряжения

При запрессовке во фланец II (чугун) втулки I (чугун) (рис. 1 а) в соединении возникают контактные напряжения q . Для обеспечения неподвижности соединения

номинальные контактные напряжения должны быть такими, чтобы силы трения превышали внешние сдвигающие силы. При нагружении крутящим моментом:

$$q_k \geq \frac{2M_k k}{\mu \pi d^2 l}, \quad (1)$$

где k – коэффициент запаса сцепления (обычно $k=1,5 \div 2$); μ – коэффициент трения; d и l – диаметр и длина посадочной поверхности. Значения коэффициентов трения в прессовых соединениях сталь-чугун принимают $\mu = 0,12$.

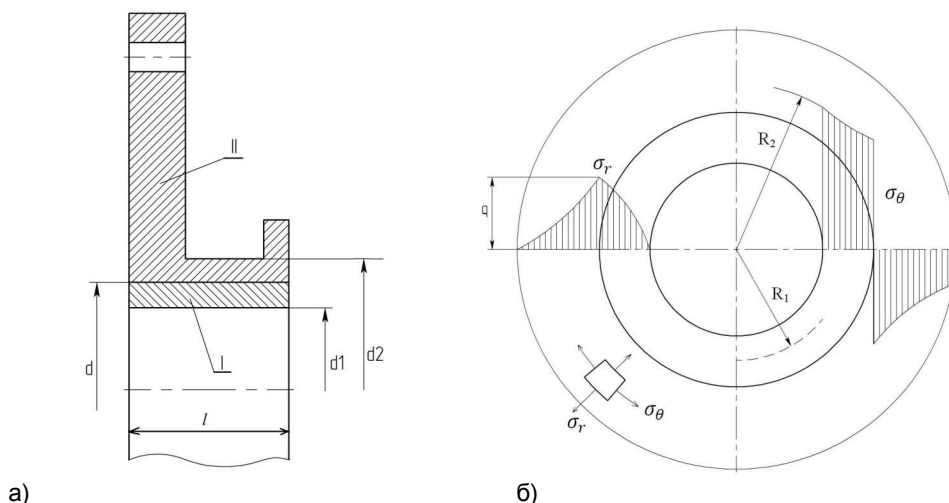


Рис. 1. Соединение фланец (II)-втулка (I), (а); эпюры напряжений в соединении с натягом (б)

В соответствии с традиционным решением задачи Ламе [1, 2, 3] величину контактного давления определяют из условия совместности деформации колец 1 и 2:

$$u_2 - u_1 = \delta/2, \quad (2)$$

где δ – диаметральный натяг.
Радиальные перемещения колец:

$$u_1 = -q\lambda_1; u_2 = q\lambda_2, \quad (3)$$

где q – контактное давление; λ_i – коэффициент радиальной податливости кольца.

Коэффициент радиальной податливости определяется:

$$\lambda_1 = R_1^2 / E_1 h_1; \lambda_2 = R_2^2 / E_2 h_2, \quad (4)$$

где R_i – радиус срединной поверхности кольца толщиной h_i ($h_1 = h_2 = l$); E_i – модуль упругости материала кольца.

Из соотношения (2) и (3) следует:

$$q = \frac{\delta}{2(\lambda_1 + \lambda_2)} = \frac{\delta}{2 \left(\frac{R_1^2}{E_1 h_1} + \frac{R_2^2}{E_2 h_2} \right)}, \quad (5)$$

а изменение радиуса кольца после запрессовки

$$\begin{cases} \Delta R_1 = u_1 = -\frac{\delta}{2} \frac{\lambda_1}{(\lambda_1 + \lambda_2)}; \\ \Delta R_2 = u_2 = \frac{\delta}{2} \frac{\lambda_2}{(\lambda_1 + \lambda_2)}. \end{cases} \quad (6)$$

Изменение диаметров свободной поверхности сопрягаемых деталей необходимо учитывать, так как излишний натяг может привести к разрушению чугунного фланца. Наиболее опасными в этом соединении оказываются окружные напряжения (рис. 1 б), которые во фланце оказываются положительными (растягивающими), что крайне неблагоприятно для чугуна.

$$\begin{cases} \sigma_{\theta 1} \approx \varepsilon_1 E_1 = -\frac{E_1 \delta}{2 R_1 (\lambda_1 + \lambda_2)}; \\ \sigma_{\theta 2} \approx \varepsilon_2 E_2 = \frac{E_2 \delta}{2 R_2 (\lambda_1 + \lambda_2)}, \end{cases} \quad (7)$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ – относительная деформация колец.

$$\varepsilon_i = \Delta R_i / R_i. \quad (8)$$

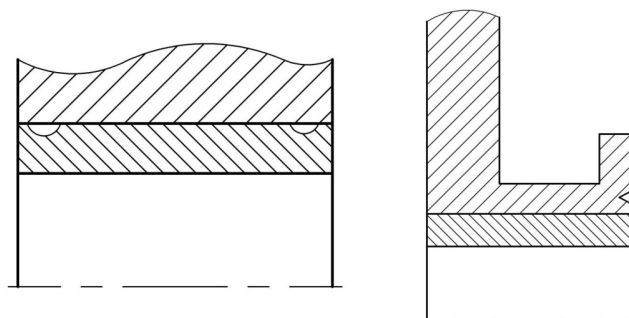
Тогда допустимый натяг в соединении из условия появления допустимых пластических деформаций

$$\delta_{max} = 2 \sigma_{Ti} \frac{R_i}{E_i} \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\lambda_i}, \quad (9)$$

где σ_{Ti} – наименьшее значение предела текучести материала сопрягаемых деталей.

Поскольку сопрягаемые детали имеют ремонтные размеры, выдержать необходимые допуски не представляется возможным в силу существующего оборудования. Селективные же методы сборки невозможны из-за малых объемов производства. Поэтому допустимый натяг в соединении (δ_{max}) бывает превышен в 15÷20% случаев и это приводит к разрушению чугунного фланца.

Для уменьшения контактных напряжений при запрессовке были предложены разгрузочные канавки как на втулке (рис. 2 а) [4], так и на торцовой поверхности фланца (рис. 2 б).



а)

б)

Рис. 2. Разгрузочные канавки на втулке (а); разгрузочная торцовая канавка на фланце (б)

Заключение

Предварительные исследования показали эффективность этих мероприятий. На соединение с натягом по схеме в соответствии с рисунком 3 получен патент на полезную модель [4,5]. В условиях ремонтного предприятия определялись фактические размеры конструктивных элементов крышки корпуса турбокомпрессора [6, 7, 8]. Предметом дальнейших исследований являются отыскание

оптимальных размеров и формы канавок на крышке и ремонтной втулке, а также создание удобной для инженерных расчетов регрессионной модели такого соединения.

Библиографический список

1. Справочник по сопротивлению материалов / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев: Наук. думка, 1988. – 736 с.

2. Экспериментальные методы исследования деформаций и напряжений / Б.С. Касаткин, А.Б. Кудрин, Л.М. Лобанов, и др. – Киев: Наук думка, 1981. – 583 с.

3. Перин, А.П. Расчет посадок с натягом при овальности и эксцентриситете соединяемых деталей на основе ПК ANSYS / А. П. Перин, А. Г. Андреев // Вестник ХПИ. – 2007. – № 38. – С. 117-123.

4. Пат. 142382 РФ: Соединение с натягом / Г.В. Редреев, А.Н. Русанов; ОмГАУ. – № 2013149186/12; заявл. 05.11.2013; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.

5. Редреев, Г. В. Русанов А. Н. Соединение с натягом. Информационный листок №55-001-15, Омский ЦНТИ.

6. Редреев, Г.В. Повышение надежности посадок с натягом при восстановлении деталей типа «втулка» / Г. В. Редреев, А. Н. Русанов // Перспективы технического сервиса для предприятий АПК - Матер. региональн. науч.-практ. конф., посвящ. 95-летию ФГБОУ ВПО ОмГАУ им. П.А.Столыпина. – Омск, ОмГАУ, 2013. - С. 57-59

7. Аршинов, В. Д. Ремонт двигателей ЯМЗ-240, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-240Б. / В. Д. Аршинов, В. К. Зорин, Г.И.Созинов. – М.: Транспорт, 1978. – 310 с.

8. Автомобильные двигатели с наддувом / Н.С. Ханин, Э.В. Аболтин, Б.Ф. Лямцев и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.

RELIABILITY OF INTERFERENCE FIT AT RESTORATING CLOSURE HEAD OF A TURBOCHARGER

G. V. Redreev, V. V. Evstifeev,
A. N. Rusanov, Y. A. Evseev

Abstract. There is presented a model of loading closure head of a turbocharger, restored by repair bush with interference, allowing to predict the distribution of stresses in the material of the bush and closure head depending on the sizes of a junction, kind of a load on the bush and to determine tolerances on oversizes of bushes and closure heads to ensure the immobility of receiving junction as well as guarantee absence of cracking in a closure head, made of iron.

Keywords: repair bush, interference coupling, stress distribution, dimensional tolerances, cracking.

References

1. Spravochnik po soprotivleniju materialov [Reference book on strength of materials]. Kiev, Nauk. dumka, 1988. 736 p.

2. Jeksperimental'nye metody issledovanija deformacij i naprjazhenij [Experimental methods for studying deformations and stresses]. Kiev: Nauk dumka, 1981. 583 p.

3. Perin A.P., Andreev A. G. Raschet posadok s natjagom pri oval'nosti i jekscentrisitete soedinjaemyh detalej na osnove PK ANSYS [Calculation of interference fits at ovality and eccentricity of connected details based on PC ANSYS. Bulletin HPI]. Vestnik HPI, 2007, no 38. pp. 117-123.

4. Redreev G.V., Rusanov A.N. Soedinenie s natjagom [Connection with interference] Pat. RF, no 142322, 2014.

5. Redreev G. V. Rusanov A. N. Soedinenie s natjagom. Informacionnyj listok №55-001-15 [Connection with interference. Infosheet №55-001-15]. Omskij CNTI

6. Redreev G.V., Rusanov A. N. Povyshenie nadezhnosti posadok s natjagom pri vosstanovlenii detalej tipa «vtulka» [Improving the reliability of interference fits when restoring parts of the "bush" type]. Perspektivy tehničeskogo servisa dlja predpriyatij APK - Mater. regional'n. nauch.-prakt. konf., posvjashh. 95-letiju FGBOU VPO OmGAU im. P.A.Stolypina. Omsk, OmGAU, 2013. pp. 57-59.

7. Arshinov V. D., Zorin V. K., Sozinov G.I. Remont dvigatelej YMZ-240, YMZ-240N, YMZ-240B. [Repair of ЯМЗ-240, ЯМЗ-240Н, ЯМЗ-240Б engines]. Moscow, Transport, 1978. 310 p.

8. Avtomobil'nye dvigateli s nadduvom [Automobile supercharging engines]. Moscow, Mashinostroenie, 1991. 336 p.

Редреев Григорий Васильевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технический сервис, механика и электротехника» ОмГАУ им. П. А. Столыпина. (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1, e-mail: weerwg@mail.ru).

Евстифеев Владислав Викторович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Русанов Анатолий Николаевич (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Технический сервис, механика и электротехника» ОмГАУ им. П. А. Столыпина (644008, г. Омск, ул. Институтская площадь, 1, e-mail: rusanov_an@mail.ru).

Евсеев Юрий Андреевич (Россия, г. Омск) – инженер НПО «Микроникс» (644007, г. Омск, ул. Третьяковская, 69, e-mail: evsuan@bk.ru).

Redreev Grigory Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department "Technical service, mechanics and electrical engineering", Omsk State Agrarian University (644008, Omsk, Institutskaya Square St. 1, e-mail: weerwg@mail.ru).

Evstifeev Vladislav Victorovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Automobiles, construction materials and technologies", Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: 5, e-mail: VladEvst@mail.ru).

Rusanov Anatoliy Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the department "Technical service, mechanics and electrical engineering" of Omsk State Agrarian University (644008, Omsk, Institutskaya Square St. 1, e-mail: rusanovan@mail.ru).

Evseev Yuriy Andreevich (Russian Federation, Omsk) – engineer of NPO «Mikroniks» (644007, Omsk, Tretst. Tretyakovskaja, 69, e-mail: evsuan@bk.ru).