

УДК 669.35.6; 669.35.6; 669.35.71

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ ИМПОРТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**А.О. Плотвина, аспирант ИХНТ, директор ООО ППК «ЕРМАК»**

ООО Производственно-Промышленная компания «ЕРМАК»

д. Сухая речка

**Т.Г.Черкасова, д.х.н., профессор, директор ИХНТ**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

г. Кемерово

Несмотря на развитие, долговечность систем наддува двигателей, остается низкой. Наименее надёжным из узлов является турбокомпрессор, который в процессе эксплуатации подвергается износу. Отказы турбокомпрессоров происходят в результате износа поверхностей вала ротора, подшипника, среднего корпуса, диска уплотнения компрессора, маслоотражателя, уплотнительных колец. Выход из строя данного агрегата влечет за собой нарушение нормальной работы двигателя внутреннего сгорания и как следствие, простой техники на ремонтных базах, а также снижение экономической эффективности работы [1-4].

Повреждения непосредственно турбокомпрессоров происходят, в основном, по трем главным причинам:

- загрязненное масло;
- недостаток масла;
- попадание посторонних предметов.

В первую очередь от недостатка и загрязнённости масла выходят из строя подшипники турбокомпрессора. У турбин каждой модели — определенное расстояние между опорными подшипниками и зазоры в них. Потому величина радиального люфта в каждом случае своя. Оба опорных подшипника вала установлены в центральном корпусе турбокомпрессора с масляным зазором. Он предусмотрен и в паре ротор — подшипник. При работе мотора и турбины зазоры под давлением заполняются маслом, в результате вал всплывает на смазке и вращается без контакта с подшипником. Когда двигатель заглушен, а вращение ротора прекращается, то давления в масляной магистрали нет и ротор ложится на подшипник [5,6].

После выхода из строя подшипников могут последовать и другие повреждения, такие как, задевание колёсами турбины и компрессора о корпусы, износ уплотнительных колец. В худшем случае происходит разрушение вала ротора. Если заглушить двигатель, работающий на высоких оборотах, ротор турбокомпрессора продолжает вращаться без смазки, потому что давление моторного масла почти равно нулю. При этом повреждаются подшипники и уплотнительные кольца турбокомпрессора. Попадающие из двигателя

обломки деталей, например, части клапанов или поршневых колец, вызывают серьёзные повреждения ротора турбины [7].

Следствием повреждений, будет разбалансировка ротора. Известно, что даже лёгкий дисбаланс при высоких скоростях вращения приводит, к очень сильным повреждениям подшипников и других деталей турбокомпрессора [8-10].

Производители турбин основательно подходят к их ремонту на своих производственных мощностях. При восстановлении специалисты официальных сервисных организаций меняют полностью картридж турбины (центральный корпус в сборе с валом, подшипниками и крыльчатками) и механизм регулирования давления наддува. Старые неповрежденные корпуса (холодную и горячую улитки) очищают и устанавливают обратно. На выходе имеем практически новый компрессор с полноценной заводской гарантией [11].

Большинство сторонних ремонтных фирм, при неимении необходимого специализированного оборудования для балансировки используют заводской метод восстановления турбин, как наиболее эффективный и надежный. Картридж они меняют по умолчанию, а механизм регулирования давления наддува — по результатам осмотра, закупая данные сборочные узлы у заводо-производителей турбокомпрессоров [12].

Картридж — сборный узел, готовый к установке. Изготовители турбин и известные производители заменителей проводят полную проверку этого элемента, включая его балансировку. Она сбивается, стоит лишь открутить от вала компрессорное колесо [13,14].

При изучении рынка турбокомпрессоров, далее (ТКР), просчитаны и выведены средневзвешенные цены на оригинальные картриджи различного типа. Что, в свою очередь позволило просчитать экономический эффект от ремонтно-восстановительных работ восстановления картриджей, (отраженный в табл. 1) на примере турбокомпрессора HOLSET каталожный HX83 № 353756636, 3599008, 3599009, 4089297, 2843378, 2838542 известного зарубежного производителя (по картриджам других маркировок, ситуация аналогична).

Таблица 1. Экономический эффект от восстановления картриджей

	Примерное количество ремонтов ТКР в сервисной организации (шт.)	Примерная цена оригинального картриджа ТКР с завода (рубл.)	Средняя цена ремонтно-восстановительных работ оригинальных картриджей, при использовании ремкомплектов компании Mellet (рубл.)	Примерный экономический эффект с учетом восстановления картриджей, (рубл.)
Разовый	1	350 000,00	50 000,00	300 000,00
В месяц	5	1 750 000,00	250 000,00	1 500 000,00
В год	60	21 000 000,00	3 000 000,00	18 000 000,00

На рынке присутствуют все внутренние элементы картриджа — оригинальные или заменители. Есть и ремкомплекты, содержащие все необходимые уплотнители, подшипники и элементы крепежа. Опытный мастер в состоянии грамотно собрать обновленный узел при наличии необходимого оборудования.

При высоких ценах на новые турбины такой ремонт более чем оправдан [15].

Однако, задачей нашей работы является в итоге, возможность полного импортозамещения всех внутренних элементов картриджа, так как и оригинальные и заменители данных деталей на территории Российской Федерации не производятся, и в случае закрытия границы, может возникнуть угроза остановки импортного оборудования, работающего на закрытие внутренних стратегических потребностей страны.

На производстве ООО Компании «ТурбоОст-Сибирь», в ремонтном цехе, для проведения исследования отобраны 4 наиболее часто встречающихся экземпляров бронзовых втулок скольжения.

У производителей данных турбокомпрессоров, а так же производителей оригинальных элементов картриджей и их заменителей, в предоставляемой технической документации не указана маркировка бронзы, используемая для производства данных элементов. Запрос о составах металлов данных образцов, так же не дал результатов. Отсюда вытекает логический вывод: для определения марок бронз, из которых изготовлены элементы картриджей и выбора технологии производства, необходим спектральный анализ каждого образца.

Перед проведением спектрального анализа всех образцов, принято решение первоначально сделать насквозь пропилены исследуемых образцов, для определения однородности металла, а так же определить их удельный вес.

В табл. 2 приведены сводные данные по результатам проведенных исследований:

Таблица 2. Сводные данные по результатам проведенных исследований

№/№	Вес образца, г.	Объем образца, см <sup>3</sup>	Удельный вес образца, г/см <sup>3</sup>	Картридж, производитель, страна, стандарт	Результаты спектрального анализа, %	Примечание
1.	197,30	23,00	8,58	S3A SCHWITZER, Borg Warner, Германия, W.-Nr./DIN	Свинец 20 Олово 6 Медь 73 Никель 1	Монометалл
2.	21,50	3,00	7,17	GT 15-25 GARRET, Америка,	Свинец 11,5 Олово 9,5 Медь 79	Монометалл

				AISI/SAE		
3.	27,50	3,00	9,17	HX50 HX55 HOLSET, Америка, AISI/SAE	Свинец 18 Олово 5 Медь 76 Цинк 1	Монометалл
4.	3,53	0,50	7,06	RHF4 INI, Япония, JIS	Свинец 3,3 Медь 73,7 Цинк 20,5 Марганец 2,5	Монометалл

Взвешивание исследуемых образцов проводилось на весах ВЛТК. Определение объема, выполняется с помощью мерных цилиндров и дистиллированной воды. Распил образцов сделали в цехе угловой шлифовальной машиной (болгарка). Спектральный анализ провели на портативном анализаторе металлов X-MET 5100.

В результате исследований можно сделать вывод о том, что для выбора технологии изготовления бронзовых элементов, использующихся при восстановлении картриджей, необходимо изучить государственные стандарты стран – производителей оригинальных деталей, а так-же опыт применяемых технологий на ремонтных производствах.

### Список литературы

1. Овчинников А.В. Разработка стратегии выбора ремонтно-восстановительных воздействий для обеспечения работоспособности турбокомпрессоров двигателей внутреннего сгорания (на примере семейства турбокомпрессоров ТКР-6)/ Сенин П.В.- Саранск: 2015 – 205 с.
2. Симсон А.Э. Турбонаддув высокооборотных дизелей /А.Э.Симсон, В.Н. Каминский., Ю.Б. Моргулис. и др. - М.: Машиностроение, 1976. – 286 с.
3. Лямцев, Б. Ф. Турбокомпрессоры для наддува двигателя внутреннего сгорания. Теория, конструкция и расчет: учебное пособие / Б.Ф. Лямцев, Л. Б. Микеров. – Ярославль: Изд-во Яросл. гос. техн. ун-та, 1995. – 132 с.
4. Ханин Н.С. Автомобильные двигатели с турбонаддувом /Н.С.Ханин, Э.В.Аболтин, Б.Ф.Лямцев и др. – М.: Машиностроение, 1991.-336 с.
5. Морозов А.В. Повышение качества ремонта турбокомпрессора / А.В. Морозов, Л.В.Федорова, С.К.Федоров// Сельский механизатор. – 2007. - №1. – С. 28.
6. Горбенко А.Н. Анализ причин возникновения крутильных колебаний в турбокомпрессоре содового двигателя. / А.Н.Горбенко, М.В. Демьяненко // Наука І освіта, Рибне господарство України 3/2013 С 54-61.
7. Vistamehr, A. Analysis of automotive turbocharger nonlinear vibrations including bifurcation : a thesis master of science / A. Vistamehr. – Texas A&M University, 2009. – 100 p.

8. Возможные неисправности турбокомпрессора [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.turbonaizer.ru/state/state\\_4.html](http://www.turbonaizer.ru/state/state_4.html). - [20.03.2017]
9. Козырев С.П. Гидроабразивный износ металлов при кавитации./ С.П. Козырев - М.: Машиностроение, 1974.- 259 с
10. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1/Подред. А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова.— 4-е изд., перераб. и доп.— М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
11. Nakhjiri, M. Physical modeling of automotive turbocharger compressor: Analytical approach and validation / M. Nakhjiri, P. F. Pelz, B. Matyschok, A. Horn, L. Däubler // SAE International, Commercial Vehicle Engineering Congress, Chicago, IL, USA. – 2011.
12. Сабеев К.Г. Восстановление подшипника ротора турбокомпрессора / Сабеев К.Г., Ю.И. Попович, и др //Механизация и электрификация сельского хозяйства, №11, 1989.- С.32.
13. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. /Под ред. А. М. Дальский и др.— М.: Машиностроение, 2003. 1856 с.
14. Машиностроение: Энциклопедия. Раздел II Материалы в машиностроении. Том II-3 Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы/ Председатель редакционного совета, главный редактор - академик Фролов К. В.-М.: Машиностроение, 1994-2013 – 40 томов.
15. Всё про турбокомпрессоры, или нагнетатель обстановки [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/articles/904974-nagnetatel-obstanovki/?page=2>. - [20.03.2017]