

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-3-67-3>

УДК 621.74.042

Мустафа Б.Б., Шахмарова Р.С., Гусейнов Б.Г., Джаббаров Т.Г.
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО СИНТЕТИЧЕСКОГО ЧУГУНА

Аннотация. Рассматривается технология получения поршневых колец из маслотно-заготовок, отливается в песчано-глинистую и металлическую формы из высококачественного чугуна. Также отмечается режим термической обработки маслотно-заготовок и термофиксации замка колец с целью получения оптимальной величины упругости. Тангенциальная стягивающая сила при этом должна находиться в пределах 20-22 кг. Температура нагрева колец должна быть в пределах 550-570°C, а время выдержки в термофиксаторе 90 мм. К поршневым кольцам газомотокомпрессоров предъявляются жесткие требования по структуре металла, чистоте поверхности и геометрическим размерам. Анализ известных технологических процессов показал, что литье колец осуществляется из индивидуальных заготовок и маслот в песчаных формах. Составлена таблица с параметрами термофиксации в разных вариантах.

Ключевые слова: упругость, газомотокомпрессор, термофиксация маслотно-заготовок, замок колец, перлит.

Mustafa Babanly, Shahmarova Raiga, Guseynov Boyukaga, Jabbarov Takhir
Azerbaijan State Oil and Industry University

HEAT TREATMENT OF PISTON RINGS, MANUFACTURED FROM HIGH-QUALITY SYNTHETIC CAST IRON

Summary. The technology of obtaining piston rings from oil blanks, cast in sandy-clay and metal forms from high-quality cast iron is considered. The mode of heat treatment of oil blanks and the heat-setting of the ring lock in order to obtain the optimal value of elasticity is also noted. The tangential tension force (tensile force) should be in the range of 20-22 kg. The heating temperature of the rings should be in the range of 550-570°C and the exposure time (holding time) in the thermo-fixer is 90 mm. The piston rings of gas-motor compressors are subject to strict requirements on the structure of the metal, surface cleanliness and geometric dimensions. Analysis of the known technological processes showed that the casting of rings is carried out from individual blanks and oil in sandy forms. Production of piston rings with a diameter of 320 mm from high-quality cast iron, on a charge that does not contain blast furnace iron, due to the cost-effectiveness of using low-silicon and low-carbon metal waste. At the same time, the tasks were set for mastering the technology of smelting iron without blast iron, obtaining high-quality homogeneous cast iron, while applying heat treatment of oil blanks and thermification of ring elasticity. The table of parameters of heat-setting was made in different versions.

Keywords: elasticity, gas engine compressor, heat-setting oil blanks (billets), ring lock, perlite.

Постановка проблемы. Нефтегазовый комплекс Азербайджана является крупным потребителем литейных заготовок поршневых колец для газомотокомпрессоров, приобретаемых за валюту из России. Поэтому, разработка прогрессивных технологических процессов и освоение выпуска поршневых колец с использованием местных шихтовых материалов является актуальной задачей.

Поршневые кольца являются наиболее ответственными деталями газомотокомпрессоров, которые должны обладать высокой износостойкостью, твердостью и упругостью. К поршневым кольцам газомотокомпрессоров предъявляются жесткие требования по структуре металла, чистоте поверхности и геометрическим размерам (рис. 1).

Поршневые кольца выпускаются заводами ЗИЛ и ГАЗ (Россия), фирмами Перфект цикл (США), Вилл Ворси (Англия), Форд (США) и др. На Московском ЗИЛ кольца отливаются из чугуна, легированного Cr, Ni, Cu, Ti а мелитопольском компрессором из серых чугунов СЧ20, СЧ25 (ГОСТ1412-85) [2].

Анализ известных технологических процессов показал, что литье колец осуществляется из индивидуальных заготовок и маслот в песчаных формах (рис. 2). Из индивидуальных колец Брак, очень высок. При литье маслот в металлические формы, возникают отбелы на

поверхности отливок и затрудняется их механическая обработка [3].

Цель статьи. Целью работы является организация производства поршневых колец диаметром 320 мм из высококачественного чугуна, на шихте, не содержащей доменного чугуна, в связи с экономичностью применения низкокремнистых и низкоуглеродистых металл отходов. При этом поставлены задачи по освоению технологии выплавки чугуна без доменных чугунов, получение высококачественного однородного чугуна, применяя при этом термическую обработку маслотно-заготовок и термофиксацию упругости колец.

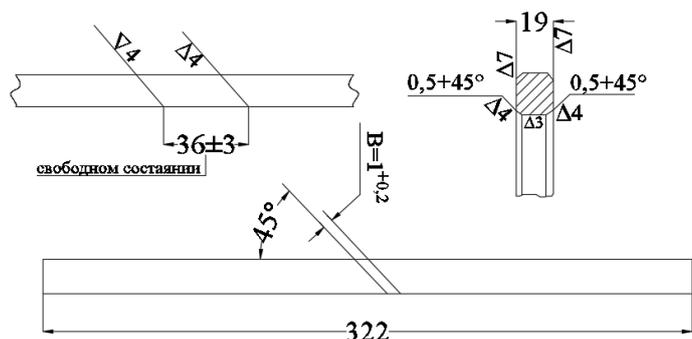


Рис. 1. Чертеж детали – кольцо поршневое \varnothing 322 мм

Источник: [1]

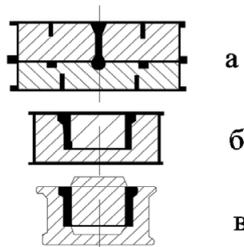


Рис. 2. Способы изготовления колец:
а – индивидуальный, б – из маслот, в – в кокиль
Источник: [3]

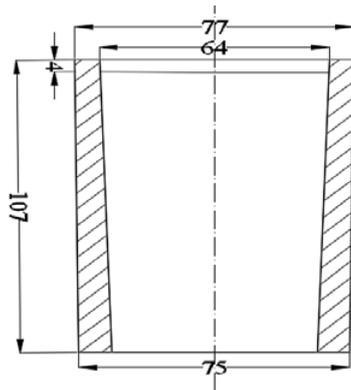


Рис. 3. Эскиз маслот,
залитых в песчано-глинистой форме

Источник: [4]

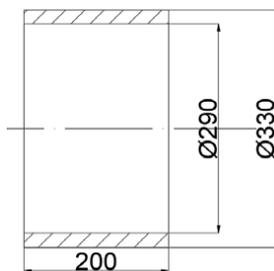


Рис. 4. Эскиз маслот,
залитых в металлической форме

Источник: [4]

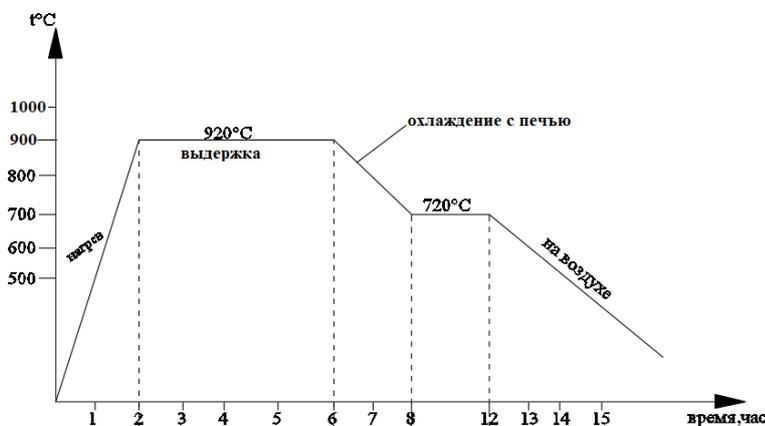


Рис. 5. Режим нормализации маслот, отливаемых
в земляную форму: нагрев до 920°C (2 час) + выдержка
при 920°C (4 час) + охлаждение 720°C (2 час) + выдержка
при 720°C (4 час) + охлаждение на воздухе

Источник: [4]

Изложение основного материала. Опытные плавки чугуна производили в дуговой (ДСП-0.5) печи литейного цеха СРЗ. В шихту вводили стальной и чугунный лом, возврат, ферросплавы, бой графитовых электродов. Модифицирование осуществляли ФС75 и силикобарием СиБа30. Содержание элементов в чугуне определяли на приборе «Квантовок-31000». Замер температуры жидкого чугуна осуществляли оптическим пирометром.

Для определения механических свойств и микроструктуры чугуна, отливали два образца $d = 30$ мм, $v = 600$ мм. Испытаниями определяли предел прочности на растяжение и твердости по Бринеллю (ов, НВ). Микроструктуру чугуна изучали до и после травления на микроскопе МИМ-7. Определение износостойкости проводили на образцах $5 \times 25 \times 50$ мм на приборе SV06. Плотность чугуна определялся методом гидростатического взвешивания. Опытные плавки чугуна были проведены по технологии [4]. Заготовками поршневых колец являются масляные отливки. Они отливаются либо в песок, либо изложницам центробежной машины. Эскизы масляных отливок приведены на рис. 3 и рис. 4.

Была исследована микроструктура этих заготовок после нормализации. Металлическая основа состоит из среднезернистого перлита с переходом на сорбит, а также из пластинчатого перлита, содержание графита около 2,4-2,8% и он занимает 7-9% площади шлифа (рис. 6).

Микроструктура маслот металлической формы представляет собой мелко перлитовую переходом сорбитной.

Феррит встречается в виде отдельных выключений и занимает не более 5% площади шлифа. Тонко- и средне пластинчатой, прямолинейной и завихренной формы графит распределен равномерно (рис. 7).

После нормализации, масляные отливки направляют в механический цех для дальнейшей обработки.

Результаты химического анализа (табл. 1) показывают, что отношение Si/C возросло с традиционного от 0,9-0,6 до 0,7–0,9 и сохранена сумма (C+ Si), равная 4,8-5,2%, содержания марганца увеличено на 0,4%. Увеличение Si/C способствует устранению “наследственности” низко кремнистых компонентов шихты, а кремний (>2%) приводит к получению мелко пластинчатого графита и предотвращает образование карбидных включений. Увеличение содержания Mn на 0,4-0,5% устраняет образование феррита в структуре чугуна [5]. Изучение микроструктуры чугунов показывают, что структура состоит из перлита и графита. По сравнению с чугуном прототипом, графит приобрел форму тонких пластинчатых выключений, повысилась дисперсность перлита. Установлено, что плотность чугунов увеличивается до 7,3-7,35, тогда как у чугуна прототипа она составляет 7,2 г/см. Основной причиной увеличения плотности чугуна является уменьшение размеров графитовых пластин, что способствует равномерному распределению углерода в структуре и получению дисперсного перлита.

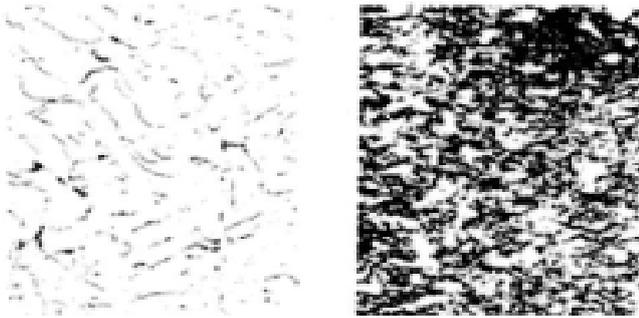


Рис. 6. Микроструктура маслот, отливаемых в земляную форму, × 150

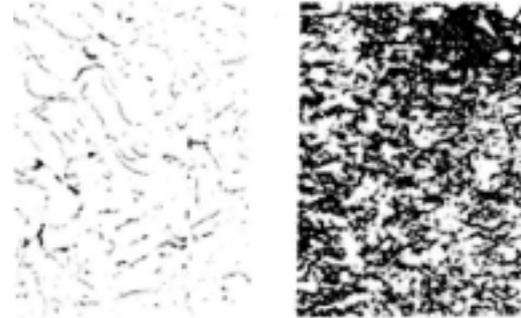


Рис. 7. Микроструктура маслот отливаемых в металлическую форму x150

Одной из характеристик поршневых колец, к которой предъявляется жесткое требование, является модуль упругости или упругость кольца. По технологическому условию (ТУ) она имеет величину $E = 90000-124000 \text{ Н/мм}^2$.

Условия ТУ устанавливают значение тангенциального усилия и соотношения между этим усилием и диаметральной оттягивающей силой (рис. 8).

В обоих случаях кольцо стягивается до монтажного зазора в замке $1^{0.02} \text{ мм}$. В данном случае $P_D = QQ_1 = 16-22 \text{ кг}$ (по ТУ). Отсюда $P_T = 6,15-8,45 \text{ кг}$.

Определение стягивающих усилий производится на специальных весах.

$$P_d = 2,63P_T$$

Для вычисления модуля E , так же как и при определении упругости кольца, кольца сжимают тангенциальными или диаметральными силами до зазора в замке $S(1^{+0.2} \text{ мм})$ и измеряют величины этих усилий.

Если S_0 – раствор замка ненагруженного кольца ($36 \pm 3 \text{ мм}$), то получим

$$E = \frac{14,14 \left(\frac{D}{a} - 1 \right)^3 * P_T}{(S_0 - S) * h}; \text{ кг/мм}^2 \text{ или}$$

$$E = \frac{5,37 \left(\frac{D}{a} - 1 \right)^3 * P_D}{(S_0 - S) * h}; \text{ кг/мм}^2,$$

где $D = 320 \text{ мм}$; $a = 9,5 \pm 0,2$; $S_0 = 36 \pm 3 \text{ мм}$; $S = 1 + 0,2 \text{ мм}$; $h = 8 \text{ мм}$; $P_D = 16-22 \text{ кгс}$; $P_T = P_D/2,63 \text{ кгс}$.

Чтобы сохранить упругость кольца в требуемых пределах, необходимо провести их термическую фиксацию (рис. 9). Косорасположенные кольца вы-водятся на разводящую вставку пропорционально: по одному кольцу с правой и по одному с левой прорезью. Термофикацию колец проводят при температурах $600-620^\circ\text{C}$. Разведен-

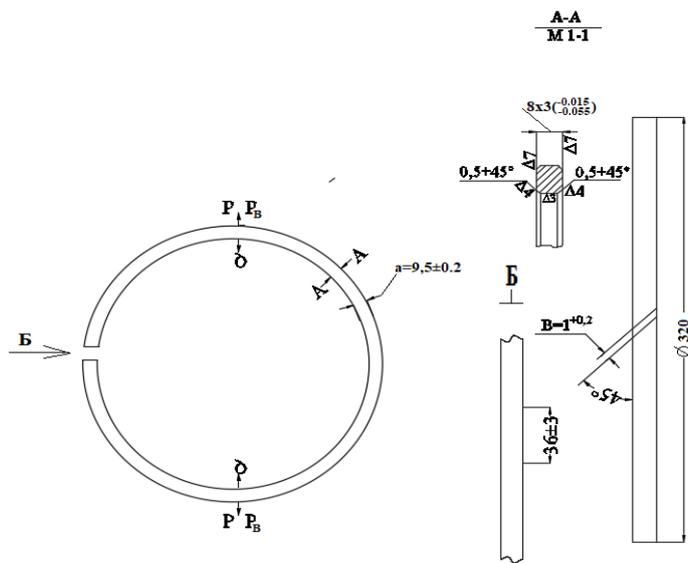


Рис. 8. Схема для определения модуля упругости E

ные в приспособлении кольца помещаются в печь и нагреваются до $600-620^\circ\text{C}$ в течение одного часа. Затем выдерживают при этой температуре в течение 25-30 мин. Охлаждают на воздухе (рис. 10).

После такого режима зазор в замке кольца должен быть 36 мм. Чтобы достичь оптимальной величины режима термофиксации, составили табл. 2, в зависимости от температуры нагрева и времени выдержки.

Анализ параметров табл. 2 показывает, что между значениями температуры нагрева и временем выдержки при этой температуре, существуют взаимосвязи, т.е. чтобы сохранить зазор замка равным 36 мм (в нерабочем состоянии после термофиксации) при снижении температуры нагрева, необходимо увеличить время выдержки.

Также видно, что время выдержки, при любой температуре нагрева, должно быть не

Таблица 1

Состав и свойства чугуна

№ плавков	Содержание								Отношение Si/C	$\gamma \text{ г/см}^2$
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	C+Si		
B1	2,88	1,8	2,74	0,06	0,03	0,2	0,18	5,62	0,9	7,30
B2	2,85	1,28	1,44	0,07	0,02	0,33	0,5	4,29	0,5	7,32
B3	2,88	1,47	1,80	0,06	0,026	0,3	0,2	4,68	0,6	7,31
B4	2,92	1,39	2,05	0,05	0,035	0,2	0,16	4,97	0,7	7,32
Прототип	3,2	0,7	2,05	0,04	0,08	0,25	0,35	5,25	0,63	7,25

Оптимальный режим термофиксации

Температуры термофиксации, °С	Время выдержки, мин	Зазор замка, мм	Модуль упругости E, Н/мм ²	Диаметральная стягивающая P _с , кг с (Н)
Исходный чугун 620	90	36	90000	16(160)
Для отливок песчано-глинистой формы:				
620	90	36	10900	18.5(185)
570	120	36	12000	20.7(207)
550	180	36	128000	21.5(215)
620	60	31	-/-	-/-
570	60	28	-/-	-/-
550	60	26	-/-	-/-
620	90	36	-/-	
570	90	33	-/-	
550	90	32	-/-	
620	120	36	100000	18(180)
570	120	36	119000	21(210)
550	120	32	128000	23(230)
Для металлической формы				
620	90	36	110000	19.5(195)
570	120	36	125000	21.2(212)
550	150	36	130000	23.5(235)

ниже 90 минут. Анализ, также показывает, что упругость кольца соответствующая температуре равной 6200С (< 550°С). Это связано с неустойчивостью перлита, который при 600°С начинает разлагаться на составные части.

Выводы и предложения.

1. Поршневые кольца можно получить из маслот, отливаемых в песчано-глинистой и метал-

лической формах, заливаниях из высококачественного синтетического чугуна.

2. Термофиксация поршневых колец, изготовленных из высококачественного чугуна, должна проходить при температуре 550-570°С.

3. С изменением размера замка при термофиксации, модуль упругости поршневых колец регулируется фиксатором, обеспечивающей радиально стягивающей силы.

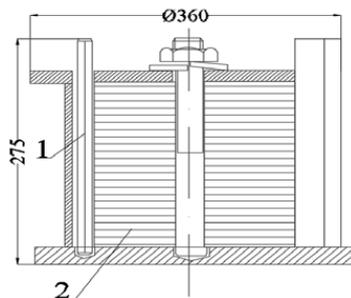


Рис. 9. Схема термофиксатора: 1 – фиксатор; 2 – косорасположенное прорезью кольцо

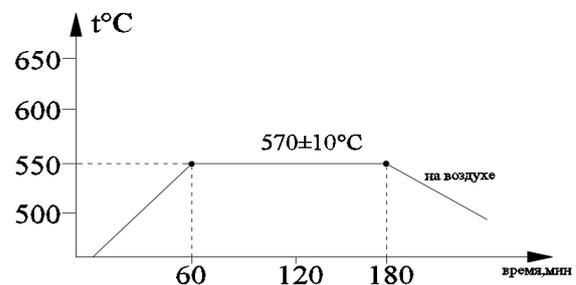


Рис. 10. Термическая кривая процесса термофиксации

Список литературы:

1. Газомотокомпрессоры 10ГКМ и 10ГКН.
2. Справочник по чугунному литью. Под ред. Н.Г. Гиршовича. 1973. 620 с.
3. А.С 1497126. СССР, МКИ с 21 с1/08. Способ получения серого чугуна. Б.Г. Гусейнов, Н.Н. Александров, Н.К. Блажко и др. (СССР), № 2 4255310. Заявления 13.04.87. Бюл. № 28.
4. Гусейнов Б.Г. и др. Технология производства поршневых колец газомотокомпрессоров. *Ученые записки*. Том VIII, № 1. Баку, 1999.
5. Саидходжаева Ш.Н. Сравнение герметичности высококачественны чугунов. *Молодой ученый*. 2017. № 6. С. 80–83.
6. Patent 2017. 0064. Üyüdücü polad kürələrin istehsal üsulu. Babanlı M.B., Hüseyinov B.H., Həbibov İ.Ə., Əliyev E.Ə., Həmidov F.M. Reyestr: 05.12.2017.

References:

1. Gazomotokompressorı 10GKM i 10GKN.
2. Spravochnik po chugunному lityu. Pod red. N.G. Girshovicha. 1973. 620 s.
3. A.S 1497126. SSSR, MKI s 21 s1/08. Sposob polucheniya serogo chuguna. B.G. Guseynov, N.N. Aleksandrov, N.K. Blazhko i dr. (SSSR), № 2 4255310. Zayavleniya 13.04.87. Byul. № 28.
4. Guseynov B.G. i dr. Tehnologiya proizvodstva porshnevnyih kolets gazomotokompressorov. *Uchenyie zapiski*. Tom VIII, №1. Baku, 1999.
5. Saidhodzhaeva Sh.N. Sravnenie germetichnosti vyisokokachestvenny chugunov. *Molodoy uchenyy*. 2017. № 6. S. 80–83.
7. Patent 2017. 0064. Üyüdücü polad kürələrin istehsal üsulu. Babanlı M.B., Hüseyinov B.H., Həbibov İ.Ə., Əliyev E.Ə., Həmidov F.M. Reyestr: 05.12.2017.