



Description of main types of pistons, their construction peculiarities and materials used for their manufacture is given. Applied technologies of strengthening of most loaded piston elements and creation of optimal thermal conditions of their operation are presented.

Б. А. КРАЕВ, М. А. САДОХА, А. П. МЕЛЬНИКОВ,
Н. Е. БОНДАРИК, В. И. ГУТКО, НП РУП «Институт БелНИИаум»

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПОРШНЕЙ

УДК 621.74

Поршни двигателей внутреннего сгорания являются одними из наиболее нагруженных и массовых деталей в двигателестроении. Работая в условиях тяжелых тепловых и динамических нагрузок, поршни подвергаются таким воздействиям, когда материал поршней становится недостаточно прочным и износостойким. Форсирование двигателей еще больше увеличивает тепловое и силовое напряжение поршней, вызывая усиленный износ канавки под верхнее компрессионное кольцо, разупрочняя материал поршня в зоне камеры сгорания и бобышек под поршневой палец, снижая износостойкость.

Для увеличения износостойкости канавки под верхнее компрессионное кольцо широко применяется установка упрочняющего кольца из специального чугуна (нирезиста) или стали. Наряду с этим для снижения температуры поршня используют его принудительное охлаждение, для чего в днище проливают кольцевой канал.

В последнее время для одновременного решения вопросов упрочнения канавки под верхнее компрессионное кольцо и кромок камеры сгорания, расположенной в головке поршня, начинают применять композиционные материалы.

Все эти конструкторские решения требуют определенных приемов как в технологии при производстве отливок поршней, так и в конструкции кокильного оборудования.

Немаловажное значение при производстве высоконагруженных поршней имеет правильный выбор материала поршня, обладающий достаточной прочностью при повышенных температурах эксплуатации, высокой коррозионной стойкостью и позволяющий обеспечить хорошую сцепляемость с упрочняющей вставкой, имеющей близкий к нему по величине коэффициент линейного термического расширения, и т. д.

Для изготовления литых поршней используют в основном сплавы алюминия с кремнием (силумины), содержащие 11–13% Si (эвтектические силумины) и 16–25% Si (заэвтектические силумины). С увеличением содержания кремния в спла-

ве возрастает его износостойкость и, что особенно важно, снижается коэффициент линейного термического расширения. Так, у эвтектических силуминов в интервале температур 20–200°C он равен $(20-21) \cdot 10^{-6}$ 1/град, а у заэвтектических — $(16-17) \cdot 10^{-6}$ 1/град [1]. Однако теплопроводность заэвтектических силуминов ниже, чем теплопроводность эвтектических, и заэвтектические силумины существенно уступают эвтектическим по литейным технологическим свойствам.

Для упрочнения канавки под верхнее компрессионное кольцо используют вставку, которую изготавливают из высоколегированного аустенитного чугуна-нирезиста, содержащего 14–18% Ni, 6–5% Cu, 1,5–2,6% Cr, 2,5–3% C, 2–3% Si, до 0,5% P, 0,5–1% Mn, Fe — остальное.

В цехах для изготовления отливок поршней используют либо готовые сплавы в чушках, либо готовят сплав из чушковых первичных материалов. Плавку ведут как в индукционных тигельных (реже канальных) печах промышленной или повышенной частоты, так и в газовых печах.

Для очистки эвтектических силуминов от растворенных газов и неметаллических включений применяют широко используемые методы продувки сплава инертными газами и обработку сплава рафинирующе-модифицирующими флюсами на основе хлористых и фтористых соединений щелочных металлов. Иногда используют и покровные флюсы.

Ввиду того что заэвтектические силумины имеют широкий интервал кристаллизации и высокую температуру ликвидуса, плавку и заливку их проводят при повышенных температурах: температура перегрева доходит до 950°C, а температура заливки — до 840–860°C [2]. В связи с этим в немодифицированной структуре заэвтектических сплавов наблюдаются грубые, неравномерно расположенные в эвтектике кристаллы первичного кремния.

Для измельчения кристаллов кремния и устранения их вредного влияния модифицирование сплава ведут фосфором, вводимым в расплав в

виде фосфористой меди или в виде химических соединений его с различными элементами. Размер кристаллов кремния и степень усвоения фосфора в значительной степени зависят от содержания фосфора в фосфористой меди.

Фосфористая медь, способствуя измельчению первичных кристаллов кремния, не оказывает модифицирующего влияния на эвтектику. Для комплексного модифицирования используют смеси солей с фосфором и его соединениями: хлористый калий KCl , фтортитанат калия K_2TiF_6 , гексахлорэтан C_2Cl_6 , пентахлорид фосфора PCl_5 и др.

Продувка расплава инертными газами после модифицирования способствует улучшению эффекта модифицирования. Положительное влияние на измельчение кремния оказывает и последующее введение серы.

Для обеспечения прочной металлической связи между поршневым сплавом и вставкой последнюю подвергают специальной обработке — алитированию.

Перед алитированием нирезистовые вставки рекомендуется подвергать двойной дробеструйной обработке и обезжириванию. Обычно обезжиривание проводят в трихлорэтилене. Оптимальной толщиной переходного слоя считается 10—30 мкм. Толщина, строение и состав переходного слоя зависят от состава сплава алитирования, времени выдержки вставки в расплаве, температуры ванны алитирования и других факторов. Увеличение времени и температуры алитирования способствует получению более толстого слоя, однако прочность и плотность слоя при этом снижаются.

Для алитирования вставок из нирезиста разработано большое количество сплавов, содержащих различные компоненты, такие, как кремний, медь, цинк, магний, марганец и др. Хорошие результаты получают, например, при алитировании в сплаве АЛ-10В.

Увеличение температуры алитирования нежелательно, так как это вызывает усиленное растворение вставки и арматуры, что приводит к насыщению сплава алитирования железом, в связи с чем, налипший на вставку слой сплава алитирования покрывается более толстой и прочной пленкой оксида алюминия. При заливке поршня с такой вставкой более прочная пленка оксидов может остаться на границе поршневой сплав—вставка.

Время нахождения вставки на воздухе после извлечения из сплава алитирования должно быть меньше времени затвердевания налипшего на вставку сплава алитирования.

Для получения кольцевых каналов в головке поршня применяют водорастворимые солевые стержни, которые изготавливают двумя способами: литьем и прессованием. Последний получил наибольшее распространение.

Для изготовления солевых стержней в институте создан специальный пресс мод. 4658 (рис. 1),

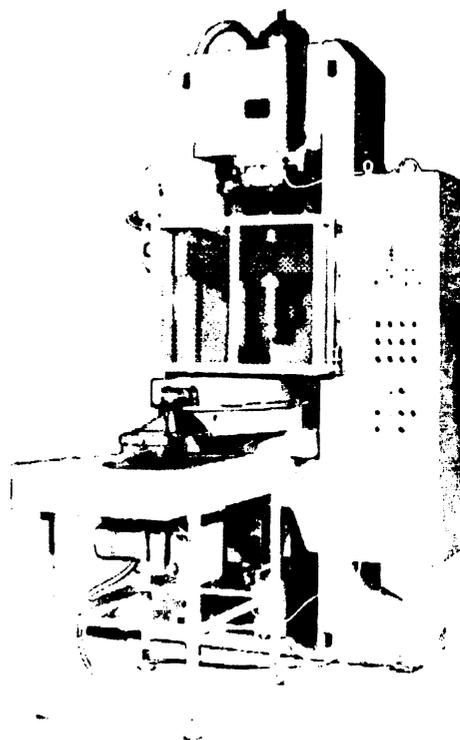


Рис. 1. Специальный пресс для солевых стержней мод. 4658

который может работать полностью в автоматическом режиме и для стержней диаметром до 120 мм его производительность достигает 120 шт/ч. Технические характеристики пресса приведены ниже.

Размеры для установки пресс-формы, мм:	
установочная высота в свету	700
размеры нижней плиты	630×630
Усилие прессования (регулируемое), кН	200—1000
Ход пуансона прессования, мм не более	450
Скорость подвода пуансона (ускоренная), мм/с	100
Скорость подвода пуансона (замедленная), мм/с	17
Скорость рабочего хода (прессования), мм/с	3
Машинное время цикла, с	22
Габаритные размеры пресса (без транспортера и гидростанции), мм:	
длина	2135
ширина	1620
высота	2780
Общая масса пресса, кг	3600

Хорошие результаты получены при прессовании стержней из $NaCl$ с добавлением буры, оксида магния, талька, жидкого стекла и других компонентов [3]. После прессования стержни подвергают спеканию. Удельные давления прессования и температура спекания выбираются в каждом конкретном случае исходя из геометрических параметров канала, но в любом случае плотность стержней в большей степени зависит от давления прессования, чем от режима спекания.

Показатель	Модель машины		
	4950*	4951*	4973*
Вид поршня	Моноклин	Многоклин	Многоклин
Габариты рабочего места на плитах для крепления кокиля, мм	380×380	380×380	270×100
Минимальное расстояние между плитами для крепления кокиля, мм	145	209	230
Ход полуформ, мм	250	250	150
Усилие раскрытия кокиля, кН	18,9	18,9	33
Усилие перемещения (опускания) центрального клина, кН	25,2	25,2	33
Машинное время холостого цикла, с	24,0	30,5	43,5
Габаритные размеры машины (без гидростанции и шкафов управления), мм			
длина	2500	2496	2300
ширина	2100	2100	700
высота	2000	2600	1590
Масса машины, кг	1220	1670	3210

Примечание. * машина имеет стол, наклоняющийся на 32°.

После спекания диаметр стержня в зависимости от состава солевой смеси увеличивается до 0,25%. В свою очередь при прогревании солевого стержня в процессе заливки и кристаллизации отливки размеры стержня увеличиваются прямо пропорционально температуре. Все это необходимо учитывать при проектировании пресс-форм.

Перед заливкой для удаления влаги и снижения теплового удара, вызывающего растрескивание солевых стержней, их подогревают до температуры 450—550°C.

Для изготовления отливок поршней в НП РУП "Институт БелНИИлит" разработана гамма однопозиционных кокильных машин, которые могут при необходимости объединяться попарно, образуя литейный комплекс с общей системой управления и гидростанцией. Производительность машин и комплексов в конкретном случае зависит от массы и геометрии поршня, наличия упрочняющих вставок и канала для масляного охлаждения, технологических параметров литья и пр. Технические характеристики кокильных машин для литья поршней приведены в таблице.

На рис. 2 показан образец поршня, полученного на оборудовании, созданном НП РУП "Институт БелНИИлит".

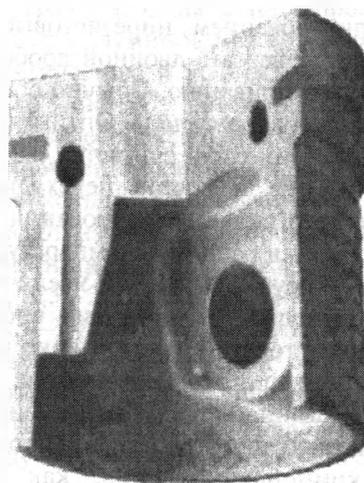


Рис. 2. Поршень, полученный на оборудовании, созданном НП РУП "Институт БелНИИлит"

Литература

1. Автомобильные двигатели/ Под ред. И. С. Ховака. М.: Машиностроение, 1971.
2. Потанин С.Л., Авдентов Л. С. Литье в кокиль поршней из заэвтектических силуминов //Автом. пром-сть. 1975. № 4.
3. Патент 1433641 Германия.