



*There are presented the applied technological approaches of hardening of the most loaded elements of piston and of providing of optimal heating terms of their operation, including using of inlays of Ni-resist cast iron under piston rings. The process of the preliminary heating of chill accessory is analyzed and recommendations on its realization are given.*

М. А. САДОХА, Б. А. КРАЕВ, В. И. ГУТКО, НП РУП «Институт БелНИИлит»

УДК 621.74

## НЕКОТОРЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ПОРШНЕЙ

Одной из основных и наиболее ответственных деталей двигателя внутреннего сгорания является поршень. Поршень, особенно это касается современных тяжело нагруженных двигателей, работает в экстремальных условиях на пределе физико-механических свойств материала.

Форсирование двигателей в значительной степени увеличивает тепловую и механическую нагрузку на поршни, вызывая, прежде всего усиленный износ канавки под верхнее компрессионное кольцо, разупрочнение и разрушение материала поршня в зоне камеры сгорания и бобышек под поршневой палец и т.д.

Первостепенное значение при производстве высоконагруженных поршней имеет правильный выбор материала, который должен обладать достаточной прочностью при повышенных температурах эксплуатации, высокой коррозионной стойкостью, хорошей обрабатываемостью и т.д.

В настоящее время основным методом изготовления поршней является технология литья в кокиль с использованием сплавов алюминия с кремнием (силумины), содержащих 11–13% Si (эвтектические силумины) и 16–25% Si (заэвтектические силумины). Повышение содержания кремния в сплаве увеличивает его износостойкость и, что особенно важно, приводит к снижению коэффициента линейного термического расширения. Так, у эвтектических силуминов в интервале температур 20–200°C он равен  $(20-21) \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ , а у заэвтектических –  $(16-17) \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ . Однако теплопроводность заэвтектических силуминов ниже, чем теплопроводность эвтектических, и заэвтектические силумины существенно уступают эвтектическим по литейным технологическим свойствам.

Для увеличения износостойкости поршня в районе канавки под верхнее компрессионное кольцо широкое применение получило использование упрочняющей кольцевой вставки из специального чугуна или стали, которая в процессе литья посредством ряда технологических приемов сваривается с основным материалом отливки. В дальнейшем именно во вставке выполняется ка-

навка под верхнее компрессионное кольцо. Наиболее часто в мировой практике используют вставки, которые 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.

Для обеспечения прочной металлической связи между поршневым сплавом и вставкой последнюю подвергают специальной обработке – алитированию. В процессе алитирования на поверхности вставки образуется переходный слой, состоящий из диффузионного слоя, на поверхности которого находится тонкий слой жидкого алюминиевого сплава, имеющий прочную связь с диффузионным слоем. Оптимальной толщиной переходного слоя для обеспечения наилучшей связи вставки с основным материалом поршня принято считать 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 способствуют получению более толстого слоя, однако прочность и плотность слоя при этом снижаются.

Очень важно алитированную вставку максимально быстро после завершения процесса алитирования установить в кокиль и залить расплавом. Обязательное условие прочного соединения вставки с основным материалом отливки – вставка должна быть покрыта расплавом до момента затвердевания верхней жидкой пленки переходного слоя. В этом случае пленка оксида алюминия на переходном слое разрушается и срывается потоком движущегося расплава, а получаемая связь между двумя материалами будет металлической. В противном случае соединения не образуется.

Для алитирования вставок из нирезиста различными исследователями разработано большое количество сплавов, содержащих разные компоненты, такие, как кремний, медь, цинк, магний, марганец и др.

Важнейшим элементом технологии производства отливок поршней является кокиль. С учетом особенностей технологии производства отливок поршней к конструкции кокиля и его техническим параметрам предъявляются повышенные требования. Так, например, в связи с применением нирезистовых вставок кокиль должен иметь удобный разъем и свободный доступ для установки вставки в кокиль перед заливкой. Тепловой режим кокиля в процессе разогрева и последующей работы является одним из важнейших условий для обеспечения как качества отливок, так и надежной работы кокиля. Известно, что перед началом работы кокиль должен быть разогрет до рабочей температуры. При этом в каждом конкретном случае рабочая температура кокиля определяется многими факторами, такими, как конструкция кокиля, геометрия отливки, состав сплава и др.

Установлено, что кокиля конструкции НП РУП «Институт БелНИИлит» должны иметь рабочую температуру в пределах 200–250°C для обеспечения наиболее высокого качества получаемых отливок поршней при оптимальной производительности.

Проводили исследование и подбор оптимального режима первоначального разогрева кокиля. В качестве нагревателя использовали газовую горелку «пропан–бутан» с 16 соплами общей мощностью 15 кВт. Сопла горелки распределены равномерно по плоскости разъема кокиля. Как было установлено в процессе исследования, наиболее интенсивно происходил нагрев центрального стержня (рис. 1). В течение 10 мин нагрева разница в температуре центрального стержня и полуформ достигала 110°C. Аналогичная разница наблюдалась и по высоте центрального стержня. При этом массивная нижняя часть стержня была более холодной.

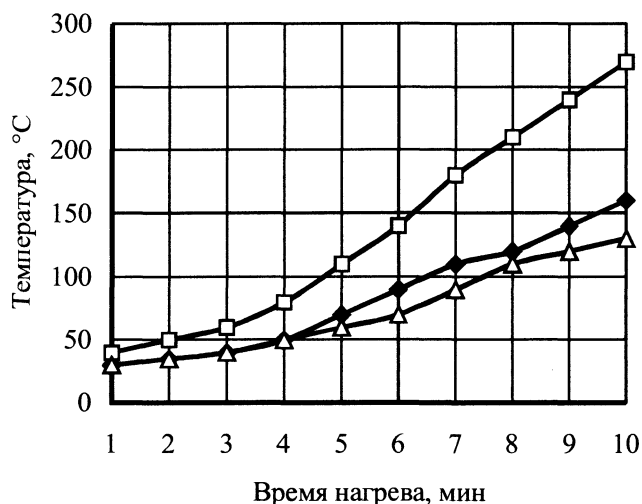


Рис. 1. Температура различных зон кокиля в результате непрерывного нагрева: —◆— — низ центрального стержня; —□— — верх центрального стержня; —△— — полуформа

Такой режим нагрева оснастки является неудовлетворительным, так как может привести к короблению отдельных элементов оснастки, и может быть следствием интенсивного тепловыделения горелки и низкой теплопроводности материала кокиля.

В ходе дополнительных экспериментов был отработан оптимальный режим нагрева, который можно условно назвать ступенчатым. При ступенчатом нагреве кокиля горелка включалась периодически по следующему режиму: 5 мин нагрева с последующей перерывом в нагреве в течение 8–10 мин. Этот вариант нагрева обеспечивает исключение существенных перепадов температуры в различных зонах оснастки в процессе нагрева (не более 30–40°C перед выключением горелки) и полное выравнивание ее в конце каждого из периодов выдержки (рис. 2).

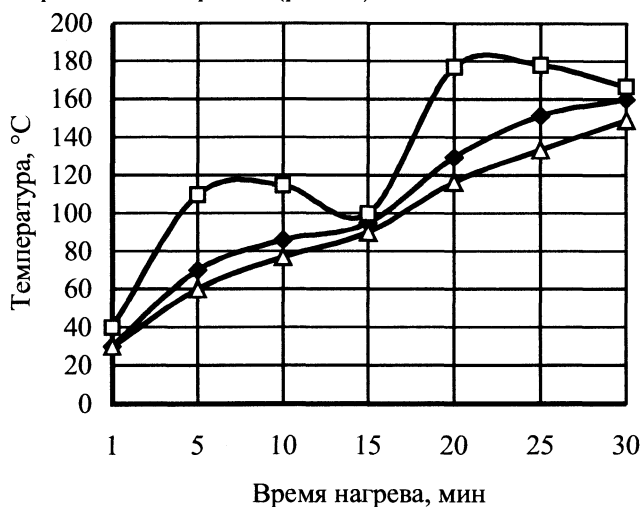


Рис. 2. Температура различных зон кокиля в результате ступенчатого нагрева. Обозначения те же, что на рис. 1

Считаем возможным распространение ступенчатого нагрева кокильной оснастки и для производства других видов отливок с подбором оптимального режима в каждом конкретном случае.

В процессе работы кокиля отсутствует потребность в нагреве, а поддержание оптимальной рабочей температуры в различных его зонах и удаление выделяющегося тепла от кристаллизующихся отливок осуществляются независимой системой водяного охлаждения каждой из зон.

Для изготовления отливок поршней специалистами НП РУП «Институт БелНИИлит» разработана гамма однопозиционных кокильных машин, которые могут при необходимости объединяться в литейные комплексы.

Производительность машин и комплексов в конкретном случае зависит от массы, геометрии поршня и других его конструктивных особенностей. В таблице приведены технические характеристики кокильных машин для литья поршней.

На рис. 3 показан образец поршня, полученного на оборудовании, созданном в НП РУП «Институт БелНИИлит».

Техническая характеристика однопозиционных поршневых кокильных машин

Показатель	Модель машины		
	4950*	4951*	4973*
Вид поршня	Моноклин	Многочлин	Многочлин
Габариты рабочего места на плитах для крепления кокиля, мм	380x380	380x380	270x100
Минимальное расстояние между плитами для крепления кокиля, мм	145	209	230
Ход полуформ, мм	250	250	150
Σ силы раскрытия кокиля, кН	18,9	18,9	33
Σ силы 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

\* Машина имеет стол, наклоняющийся на 32°.

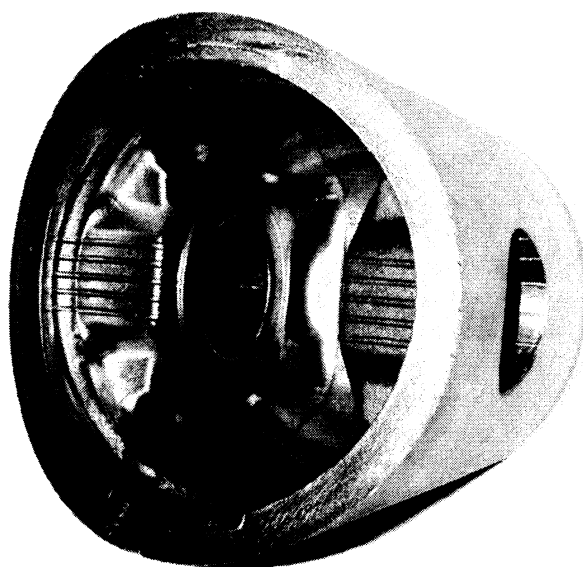


Рис. 3. Поршень, полученный на оборудовании, созданном в НП РУП «Институт БелНИИлит»