



This article describes peculiarities of the bimetal piston castings production technology (with niresist insert for upper compression ring) for diesel engines.

В. В. ОВЧИННИКОВ, ПРУП "Минский моторный завод"

УДК 621.74

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРШНЕЙ (С НИРЕЗИСТОВОЙ ВСТАВКОЙ ПОД ВЕРХНЕЕ КОМПРЕССИОННОЕ КОЛЬЦО) ДЛЯ ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Поршни двигателей внутреннего сгорания являются одними из наиболее нагруженных и массовых деталей в двигателестроении. При работе двигателя поршень находится в экстремальных условиях, испытывая сложные температурно-силовые воздействия (воспринимает усилия от давления газов и сил инерции, передает боковое давление от нормальной силы на стенку цилиндра), обеспечивает герметичность внутрицилиндрового пространства для его уплотнения от прорыва газов из цилиндра в картер и ограничения доступа в него масла и воздуха, осуществляет отвод тепла во избежание перегрева двигателя. Вследствие высоких значений максимального давления газов и частоты рабочих циклов, особенно в двигателях с высокой скоростью вращения коленчатого вала, характер нагрузки на поршень близок к ударному. Силы инерции в таких двигателях соизмеримы с силами давления газов, а иногда и превышают их [1].

В алюминиевых поршнях высокофорсированных двигателей часто наблюдается смятие и преждевременный износ канавки, в которой размещается верхнее компрессионное кольцо. Наиболее целесообразное решение проблемы местного повышения прочности было найдено при изготовлении биметаллических поршней с упрочняющей вставкой под верхнее компрессионное кольцо [2]. При этом упрочняющую вставку предварительно алюминуют (алитируют) в расплаве алюминия со специальными присадками, улучшающими смачиваемость расплава, тормозящими образование и рост промежуточных интерметаллических фаз и защищающими слой покрытия от окисления. Перед алитированием упрочняющую вставку тщательно обезжиривают, промывают и сушат до удаления влаги. Заливку алюминиевого матричного сплава в собранный и разогретый кокиль производят после установки в него вставки. Операция выемки вставки из ванны алитирования и установки ее в кокиль должна произво-

диться в максимально короткий срок (не более 30 с) [2].

Однако и при тщательном соблюдении известной технологии [1] очень трудно обеспечить прочную связь вставки с телом поршня. И хотя материал вставки (нирезист) имеет очень близкий коэффициент линейного расширения с алюминиевым сплавом (эвтектический или заэвтектический силумин), вставку часто окружают воздушные пузыри, частицы оксидов, приводящие к постепенному отслоению во время эксплуатации упрочняющей вставки от тела поршня и даже отрыву головки поршня от юбки по месту расположения упрочняющей вставки.

Для заливки вставки необходимо предусмотреть такую конструкцию формы, которая обеспечивает быструю и качественную ее сборку и получение алюминиевой части поршня хорошего качества (плотной, мелкозернистого строения и т.п.) с высокой чистотой поверхности. С этой точки зрения хорошо зарекомендовали себя металлические формы, смонтированные на кокильных станках с пневмо- и гидроприводом.

В случае своевременной заливки, т.е. когда слой алитировующего сплава еще не затвердел, струя заливаемого металла срывает с него пленку оксида (чему способствует также установка дополнительного гидропривода поворота кокиля на $\sim 25^\circ$ в момент, когда установленная в кокиль алитированная вставка окажется полностью залитой основным расплавом (рис. 1)), в результате получается хорошее соединение рабочего алюминиевого сплава с алитированной вставкой (рис. 2).

Если рабочий алюминиевый сплав заливается после того, как слой алитировующего сплава полностью затвердеет, то пленка оксида алюминия будет препятствовать монолитному соединению алюминиевого сплава с алитированной арматурой. В итоге образовавшаяся в зоне контакта пленка оксидов алюминия и воздушный зазор в значительной мере ухудшают теплоотвод и снижают

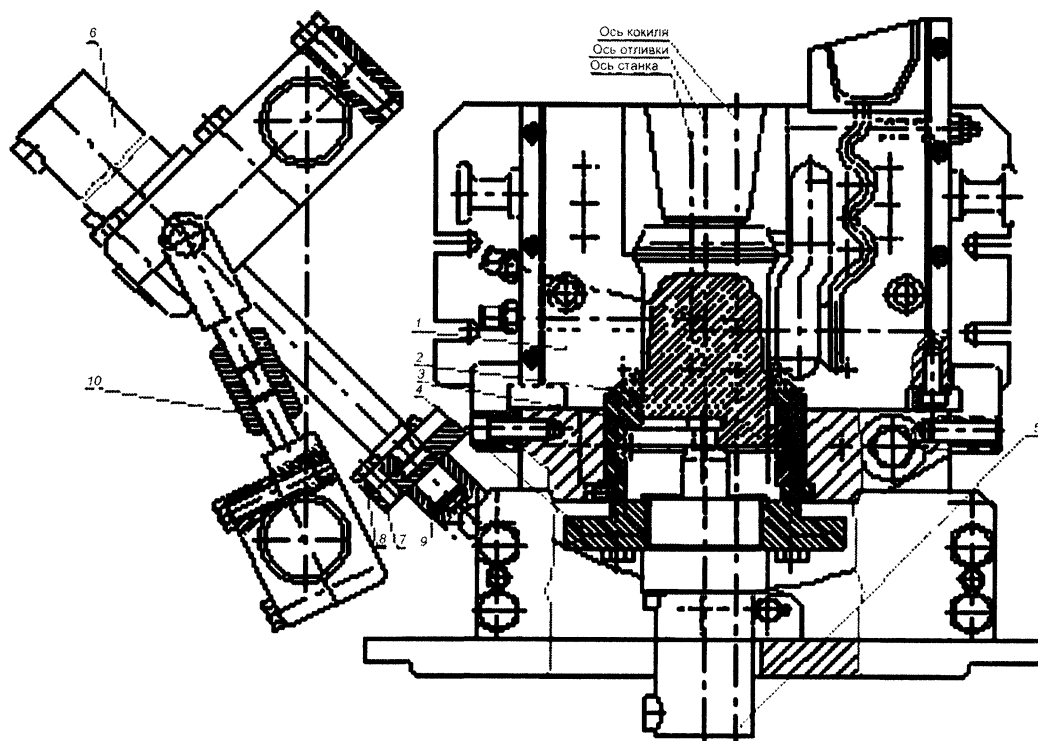


Рис. 1. Металлический кокиль для производства поршней с нирезистовой вставкой под верхнее компрессионное кольцо для высокофорсированных двигателей: 1 – матрица правая (матрица левая не показана); 2 – стержень; 3 – втулка; 4 – плата; 5 – гидроцилиндр установки стержня (ход 50 мм); 6 – гидроцилиндр поворота кокиля (ход 200 мм); 7 – тяга; 8 – замок; 9 – тяга-муфта; 10 – муфта

прочность соединения (рис. 3). При отрыве алюминиевой основы от нирезистовой вставки разрушение наблюдается в тех местах, где сваривание произошло плохо или вовсе отсутствует.

Необходимо учитывать также и правильную организацию направленного затвердевания отливки во избежание образования газоусадочных дефектов и неспаев в области вставки. Если температура вставки в момент контакта с расплавом выше температуры расплава (режим горячей вставки), то в области вставки будет образовываться тепловой узел и возникнут газоусадочные дефекты.

В противном случае (режим холодной вставки) фронт кристаллизации отодвинет такого рода дефекты во внутреннюю, прибыльную часть от-

ливки, и дефектов в области вставки не будет. Однако понижение температуры вставки ниже температуры ликвидуса $T_{лик}$ алитировующего сплава приводит к тому, что оксидная пленка на поверхности алитированной вставки не будет удаляться потоком расплава, что и вызывает дефекты в виде неспаев. Проблема усугубляется тем, что $T_{лик}$ (рис. 4) быстро растет с увеличением содержания Fe в алитировующем сплаве, который неизбежно насыщается им от алитируемых вставок и арматуры [3].

Это ограничивает понижение температуры алитировующего сплава. Оптимальным остается узкий диапазон интервала температур заливки основного сплава и сплава алитирования, обеспечивающий получение отливок поршней без дефектов в области упрочняющей вставки.



Рис. 2. Микроструктура переходного слоя (толщина 25–30 мкм) с удовлетворительным сцеплением вставки с телом поршня



Рис. 3. Микроструктура переходного слоя с неудовлетворительным сцеплением вставки с телом поршня

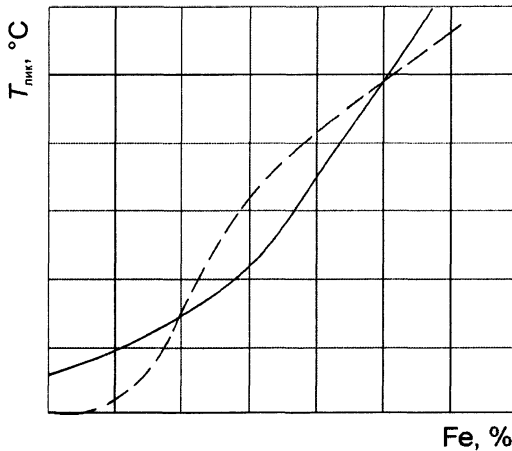


Рис. 4. Изменение $T_{лик}$ в сплаве АК9 (сплошная) и АК12 (пунктирная) в зависимости от содержания Fe

Кроме температур заливки и алитирования, на тепловые условия в области упрочняющей вставки оказывают влияние продолжительность транспортировки расплава (при ручной заливке), заливки расплава в кокиль (до момента заливки вставки), переноса вставки в кокиль и нахождения вставки в кокиле до заливки расплавом, а также температура кокиля, толщина и состав кокильной краски.

Исходя из этого, большое значение имеет выбор оптимальной литниковой системы, обеспечивающей необходимые температурно-временные показатели, во избежание образования в теле отливки пористости усадочного или газового характера, а также создающей условия для обеспечения качественной диффузионной связи алитированной нирезистовой вставки с алюминиевой основой поршня.

Существует целый ряд литниковых систем для производства отливок поршней для дизельных двигателей методом литья в кокиль (рис. 5, а-г).

На заводе им. Лепси (Киев) освоена технология производства поршней с упрочняющей вставкой с принципиально отличным расположением отливки в форме (днищем вниз) и литниковой системой (рис. 5, б), включающей в себя подвод сжатого воздуха под давлением 1,0 – 1,5 атм в шлаковик в процессе кристаллизации залитого сплава (так называемая подпрессовка). Во избежание массового брака усадочного и газового характера поддон в кокиле выполнен с водяным охлаждением. Преимущество такой технологии состоит в том, что алитированная вставка, устанавливаемая в нижней части кокиля, заливается в первую очередь, не давая возможности окисляться алитированному слою, что в конечном итоге обеспечивает надежность сцепления упрочняющей вставки с основным сплавом. Недостаток – высокий литейный брак, связанный с отсутствием прибыльной части (возможна установка боковой прибыли).

Особый интерес представляет собой литниковая система (рис. 6, 7), разработанная на ПРУП

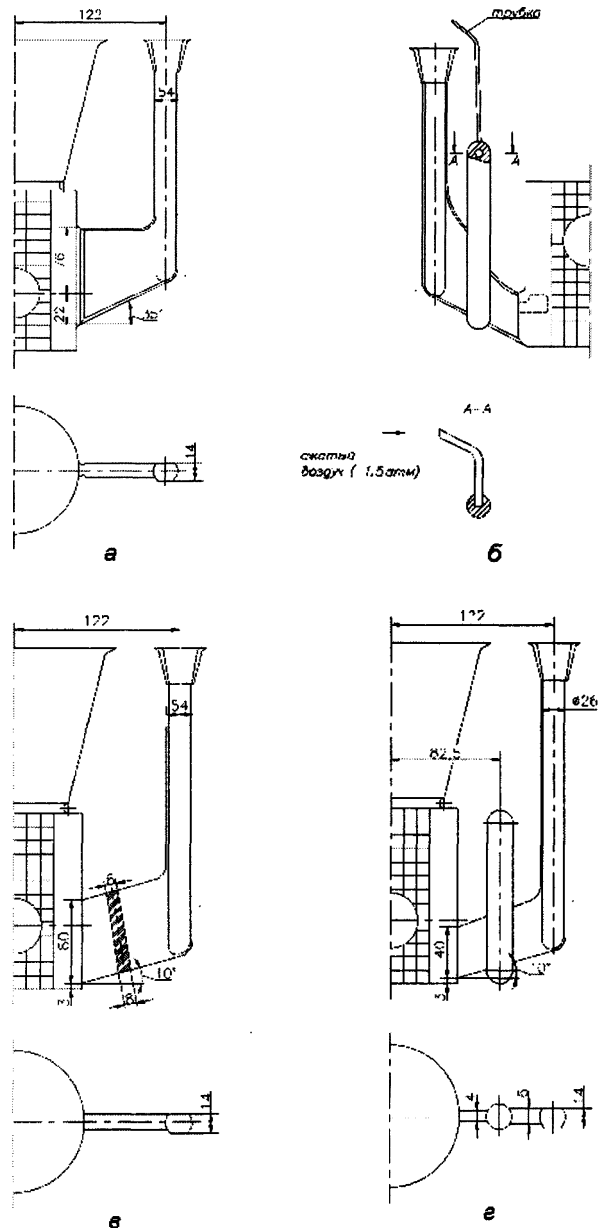


Рис. 5. Виды литниковых систем, используемых для производства отливок поршней методом кокильного литья

“Минский моторный завод”, для производства отливок поршней дизельных двигателей, отличающаяся тем, что расплав в кокиль подают при пульсации потока $Re < 2300$ по касательной плоскости к боковой поверхности поршня, причем перед подачей расплава меняют его направление на $60-100^\circ$, а кристаллизацию прибыльной части проводят со скоростью охлаждения $10-20$ град/мин [3].

Литниковая чаша 1 со стояком 2, выполненным в виде “гусиной шейки”, соединена со шлаковиком 3 по касательной (через питатель шлаковика 4), а щелевой питатель 5 – по касательной непосредственно к телу отливки, причем угол, образующийся между питателем шлаковика 4 и щелевым питателем 5, составляет

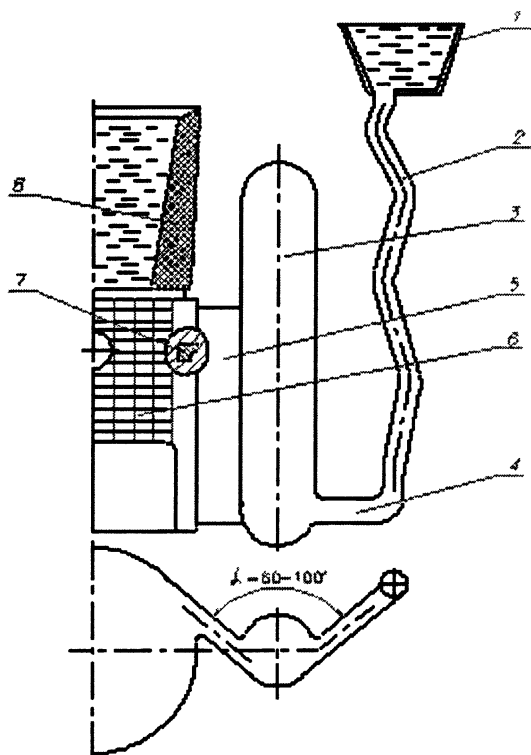


Рис. 6. Литниковая система, применяемая для производства отливок поршней из сплава АК12М2МгН методом литья в кокиль на ПРУП “Минский моторный завод”

60–100°. В верхней части формы поршня 6 с вставкой 7 установлена утеплительная прибыльная вставка 8. Устройство работает следующим образом: металл из литниковой чаши 1 в начальной стадии, поступая по стояку 2, благодаря размаху амплитуды криволинейной составляющей, освобождается от пузырьков воздуха и газа, которые, проходя криволинейную часть стояка, объединяются в более крупные газовые (воздушные) включения. Постепенно, переходя к вертикальной части стояка, жидкий металл приобретает плавное течение без пульсаций и завихрений и попадает в шлаковик 3, в котором, входя по касательной к его боковой поверхности и приобретает некоторое вращение, оставляя в верхней части дисперсные оксидные пленки, возможные неметаллические включения, шлаки. Заполняя шлаковик, металл одновременно по касательной от его боковой поверхности поступает также по касательной непосредственно к боковой поверхности формирующей части поршня, причем угол между направлением входа металла в шлаковик и выхода из него составляет 60–100°. Образующийся таким образом ламинарный поток жидкого металла обеспечивает “спокойное” поступление металла в полость кокиля, создает условия для направленной кристаллизации расплава во избежание образования “неспая” на границе раздела “ниррезист – алюминий”, а также брака литья газового и усадочного характера. Один из необходимых элементов литниковой системы – утеплительная прибыльная вставка 8 заполняется металлом в

последнюю очередь. Основная цель утеплительной прибыльной вставки – дать возможность выхода оставшимся газовым (воздушным) включениям из жидкого металла, заполняющего формообразующую часть непосредственно самой отливки, поэтому скорость кристаллизации, обеспечивающая значительное время удерживать металл в жидком состоянии, имеет важное значение, гарантируя таким образом высокое качество отливки поршня с ниррезистовой вставкой.

Подача расплава при пульсации его потока $Re < 2300$ соответствует ламинарному течению и обеспечивает заливку без всплесков, захватов воздуха и перемешивания возможных взвесей. Подача расплава по касательной к боковой поверхности поршня со сменой направления на 60–100°, как уже упоминалось, обеспечивает ламинарное поступление металла в кокиль, а смена направления дает возможность придать небольшое винтообразное движение потока с “отсевом” из него загрязнений. Причем если угол смены направления будет меньше 60°, оба питателя будут находиться довольно близко друг от друга, взвеси и загрязнения не успеют попасть в верхнюю часть шлаковика, и часть их проникнет в кокиль; при смене угла направления больше 100° поток расплава не получает винтообразный импульс движения, способствующий выведению в верхнюю часть шлаковика примесей.

Если кристаллизация прибыльной части будет проходить со скоростью охлаждения меньшей, чем 10 град/мин, возникает ситуация, способствующая ухудшению свойств структуры поршня, особенно в его верхней рабочей части (камере сгорания), кристаллизация со скоростями охлаждения более 20 град/мин неэффективна с точки зрения удаления остатков газов из формирующей части кокиля, ухудшая качество отливки.

Пример конкретного выполнения: расплавы АК12ММгН (АЛ30), АК12М2МгН (АЛ25) и расплав АК18, нагретые до температуры $720 \pm 10^\circ\text{C}$ и $780 \pm 10^\circ\text{C}$ соответственно, заливали в кокиль. Варьируя режимами подачи расплава, процесса заливки и условиями кристаллизации, получили данные, приведенные в таблице. После изготовления отливок поршней они поступали на ультразвуковую установку для определения величины площади поверхности “неспая” ниррезистовой вставки с телом поршня в %. Поршень может быть пригодным к эксплуатации, если площадь поверхности “неспая” составляет не более 7%. Как видно из таблицы, выполнение поставленной задачи резко улучшает условия схватывания материала вставки с поршнем, т.е. газовые, неметаллические включения изолируются от тела поршня и остаются в прибыльной части или в полости шлаковика. При этом повышается однородность материала по всему объему поршня, а, значит, уровень надежности и долговечности поршневой группы двигателя.

Сплав	Re	α , град	$V_{\text{охл}}$, град/мин	% нестая
AK12M2MgH (AL 25)	2300	90	15	0,2
	2300	45	20	8,0
	2300	120	14	7,5
	2300	100	25	7,7
	2300	100	5	0,9
	2250	95	15	0,15
	2500	95	16	7,3
AK12MMgH (AL 30)	2300	90	15	0,3
	2300	45	20	8,0
	2300	120	14	7,2
	2300	100	25	7,5
	2300	100	5	1,0
	2250	95	15	0,22
	2500	95	16	8,0
AK 18	2300	90	15	0,3
	2300	45	20	8,5
	2300	120	14	7,2
	2300	100	25	7,9
	2300	100	5	1,2
	2250	95	15	0,2
	2500	95	16	7,9

Литература

1. Мишин А.С., Крушенко Г.Г., Хачатрян Н.В. Технология производства литых алюминиевых поршней // Технология машиностроения. 2002. №4. С. 6–9.
2. Лакедемонский А.В., Абраменко Ю.Е., Ва-



Рис. 7. Отливка биметаллического поршня с литниковой системой производства ПРУП "Минский моторный завод"

сильев Е.А. и др. Материалы для карбюраторных двигателей. М.: Машиностроение. 1969.

3. Кисиленко Л.Е., Меркушев М.В. Тепловые условия формирования отливок дизельных поршней из Al-сплавов с упрочняющей вставкой // Литейное производство. 1999. №5. С. 19–21.