

Студент гр. 10404119 Кишкевич Е.В.

Научный руководитель Садох М.А.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Поршень - одна из самых важных и напряженных деталей двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Он выдерживает механические нагрузки от сил движения газов и сил инерции, а также тепловые нагрузки от соприкосновения днища с горячими газами и трения его боковой поверхности о стенки цилиндра [1-3].

Давление газов на днище поршня, в зависимости от типа двигателя и условий его работы, обычно бывает до 8-15 МПа, иногда и больше. Механические напряжения от действия газов суммируются с термическими напряжениями, возникающими в процессе работы из-за перепада температур по сечению поршня, и с литейными напряжениями, которые полностью не устраняются при обычно принятых режимах старения. Термические напряжения сжатия на огневой поверхности днища поршня в зависимости от условий эксплуатации могут быть 20-30 МПа, остаточные литейные напряжения после старения - 18-25 МПа (растяжения - на внутренней стороне, сжатия - на боковой). В результате этого суммарный уровень напряжений, в особенности - у концентраторов напряжений (пор, включений и т.п.), может быть очень высок. Поэтому работоспособность поршня в значительной степени зависит от качества заготовки, особенно от ее пористости.

Исследования показали, что при работе дизельных и бензиновых двигателей в режиме номинальной мощности, температура поршней находится в интервале 106-312 °С.

Наибольшую температуру имеет огневая поверхность днища поршня (250-312°С), наименьшую - юбка поршня (106-137°С). В дизельных двигателях с турбонаддувом в отдельных точках днища (кромки камеры сгорания) температура может повышаться до 350-400°С.

Для изготовления поршней двигателя внутреннего сгорания обычно применяют алюминиевые литейные и деформируемые сплавы [1-4]. Причем в последнее время наибольшее распространение получили эвтектические и заэвтектические легированные силумины.

Основными преимуществами алюминиевых сплавов, как материала для поршней является их высокая теплопроводность (125-146 Вт/м·К) и низкий удельный вес (2700-2800 кг/м<sup>3</sup>). Следует также отметить, что поршни из алюминиевых сплавов по сравнению с чугунными имеют более низкий (приблизительно на 30%) коэффициент теплопередачи от газа к поршню.

Алюминиевые сплавы, как правило, технологичны, имеют относительно высокие усталостную прочность и пластичность. Однако алюминиевые сплавы обладают рядом недостатков, которые в известной мере ограничивают их применение. Это - недостаточно высокая жаропрочность, а также высокий коэффициент линейного расширения ((17...25) 10<sup>-6</sup> град<sup>-1</sup>).

Для литья заготовок поршней применяют сплавы, обеспечивающие необходимый уровень эксплуатационных характеристик. Наиболее распространенным в отечественном двигателестроении сплавом системы Al-Cu-Si является сплав АЛ10В. Этот сплав, из которого до настоящего времени изготавливалось большинство поршней для ДВС, содержит 5,0-8,0% Cu, 4,0-6,0% Si, 0,2-0,5% Mg, 0,5% Mn, до 1,5% Fe остальное алюминий.

В настоящее время большую часть заготовок поршней получают литьем в кокиль [1-3]. Этот метод отличается простотой, экономичностью и высокой производительностью, особенно при использовании полуавтоматических и автоматических литейных установок.

В качестве материала для кокилей используются обычно чугун (например, серый СЧ18-36, МСЧ28-48, ковкий чугун или чугун легированный 2-3% Ni, 8-10% Cr), а в качестве материала для стержней, формирующих полость поршня, углеродистая инструментальная сталь (например сталь ЗХ2В8, 5ХНМ, У7, У10, У8, 4Х882). Иногда используют для матриц кокиля наряду с чугуном эвтектический легированный силумин.

В настоящее время литые поршни автомобильных дизельных двигателей получают по двум принципиально отличающимся технологиям, характеризующимся расположением отливки в форме: «дном вверх» (рис. 1) и «дном вниз» (рис. 2). Каждая из них имеет свои достоинства и недостатки.

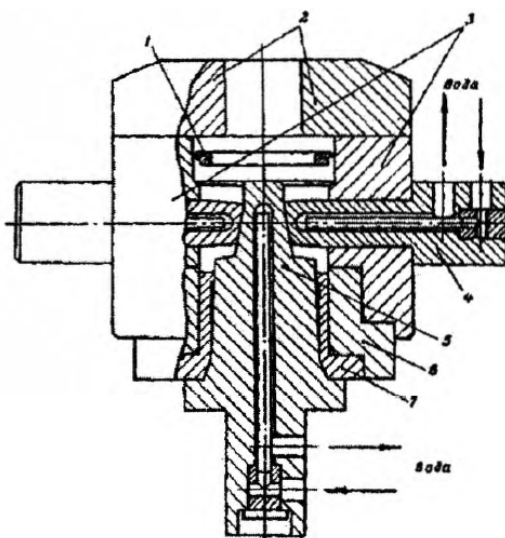


Рисунок 1 – Кокиль для отливки поршня по технологии «дно вверх»

1 - нирезистовая вставка; 2 - верхние боковины; 3 - нижние боковины; 4 - стержень, оформляющий отверстие под палец; 5 - стержень-моноклин; 6 - кольцо основания; 7 - кольцо посадочное

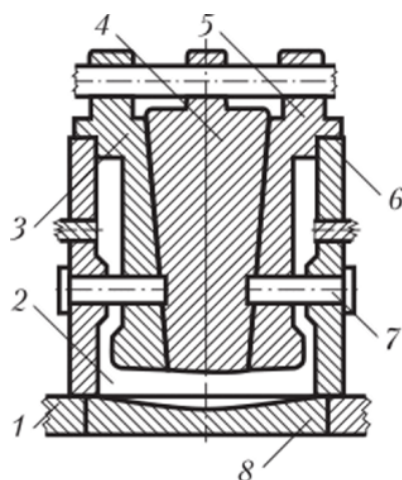


Рисунок 2 – Конструкция кокиля для литья алюминиевого поршня по технологии «дно вниз»

1,6 – половинки кокиля; 2 – внутренняя полость кокиля; 3-5 – металлический разъемный стержень; 7 боковой стержень; 8 – нижняя плита

При изготовлении отливок «днищем вниз» поршня, испытывающее при эксплуатации высокие механические и термические нагрузки, имеет мелкозернистую, плотную структуру и повышенные механические свойства; литниково-прибыльную систему отливки можно не отрезать, а обрубать на прессе. Однако в связи с расположением наиболее массивных частей отливки внизу питание их затруднено, поэтому требуется тщательная доводка всей литниково-питающей системы и теплового режима кокиля. Литниковая система извилистая типа «гусиная шейка» или карандашная с одной или двумя боковыми прибылями.

Для получения плотной структуры массивных зон отливки оформляющие части кокиля (поддон, полуформы, стержни, оформляющие отверстия под пальцы, центральный моноклинный стержень) охлаждается проточной водой, проходящей по специальным каналам или полостям; части многоклинного стержня замачиваются в водографитовой суспензии. В связи с большой протяженностью литниковой системы требуется повышенная температура заливки.

Как правило, литье «днищем вверх» используется только для литья поршней малой размерности (до 100 мм в диаметре). При изготовлении поршней «днищем вверх» металл обычно подводят в полость формы через короткий наклонный литник (рисунок 2), что способствует снижению температуры заливки, но требуется более тщательное рафинирование сплава; большое внимание при этом должно уделяться геометрии и размерам стояка и питателя. Прибыль верхняя центральная или кольцевая (сегментная). Такая технология широко распространена в России и за рубежом при изготовлении поршней с упрочняющей вставкой в зоне верхнего поршневого кольца (поршни двигателей КамАЗ, ЗИЛ, ГАЗ). Для простановки во внутреннюю полость кокиля вставки и стержня, формирующего кольцевой канал, каждая полуформа состоит из двух частей; верхние части собранного кокиля могут поворачиваться, открывая полость формы. Вставка фиксируется на выступах внутренней поверхности кокиля.

Для плавного заполнения формы заливка ее производится в наклонном на 30-40° состоянии; возврат в вертикальное положение осуществляется после заполнения кокиля на 2/3-3/4 по объему, когда расплав начинает закрывать упрочняющее кольцо.

Кокиль выполняется массивным, однако нижние части полуформ могут иметь сверления для охлаждающей воды; металлические стержни, как и при литье «днищем вниз», охлаждаются проточной водой.

Разработана технология изготовления поршней ЯМЗ-236 с пятиклинным центральным стержнем.

Для повышения стойкости кокиля, предотвращения приваривания отливки, улучшения заполняемости формы, управления в определенных границах теплообменом между отливкой и формой рабочие поверхности кокиля и металлических стержней покрывают слоем краски. Свойства красок зависят от их состава. В качестве наполнителя используют каолин, тальк, мел, графит, асбест молотый и другие материалы. На рабочую поверхность кокиля краску наносят толщиной до 1 мм, а поверхность прибылей до 3 мм.

#### **Список использованных источников**

1. Волочко А.Т., Садоха М.А. Алюминий: технологии и оборудование для получения литых изделий. - Минск: Беларус. навука, 2011.- 387с.
2. Садоха М.А. Литье поршней// Литейное производство. 2021. №5. С.27-29.
3. Садоха М.А., Волочко А.Т., Овчинников В.В. Технологические особенности производства поршней для высокофорсированных двигателей// Литье и металлургия. 2009. №3. С.71-75.

4.Садоха, М. А. Литейные сплавы и плавка: учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-36 02 01 «Машины и технология литейного производства» / М. А. Садоха, Ф. И. Рудницкий, В. А. Калиниченко. – Минск: БНТУ, 2022. – 120 с.