



*Peculiarities of technology of the casting «Piston» production for high-loaded diesel engines are considered.*

М. А. САДОХА, ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

УДК 621.74

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ПОРШНЕЙ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В настоящее время наиболее перспективной технологией получения высококачественных отливок поршней является метод литья в кокиль. Применение данной технологии позволяет получать отливки поршней со сложной конфигурацией внутренней и наружной геометрии как с каналом масляного охлаждения, так и с нирезистовой вставкой под верхнее поршневое кольцо для оснащения высоконагруженных дизельных двигателей, соответствующих современным мировым требованиям.

Рассмотрим особенности технологии получения отливки «Поршень» для высоконагруженных дизельных двигателей. Пример конструкции поршня для высоконагруженных дизельных двигателей приведен на рис. 1.

Поршень отличается от других деталей значительной разностенностью и наличием значительных массивов, что существенно затрудняет возможность получения плотной однородной структуры отливки без усадочных и газосадочных дефектов.

Основные массивы алюминиевых элементов поршня сосредоточены в головке и бобышках под поршневой палец.

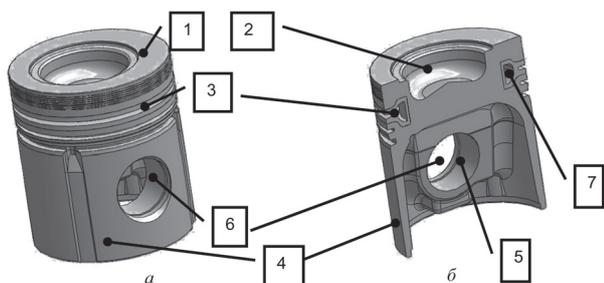


Рис. 1. Общий вид поршня: а – поршень без разреза; б – разрез поршня; 1 – головка поршня; 2 – камера сгорания; 3 – нирезистовая вставка под верхнее поршневое кольцо; 4 – юбка поршня; 5 – бобышка под поршневой палец; 6 – отверстие под поршневой палец; 7 – полость для масляного охлаждения

Кроме того, следует отметить такие особенности, затрудняющие получение качественной отливки, как наличие нирезистовой вставки (данный элемент затрудняет питание близлежащих зон отливки) и существенных массивов в районе отверстий под поршневые пальцы.

Важным аспектом технологии является положение отливки в форме, которое должно удовлетворять ряду требований.

- Заполнение формы расплавом должно быть ламинарным.
- Обеспечение направленности кристаллизации.
- Минимальное количество прибылей.
- Минимальный объем литниковой системы.

Анализ геометрических параметров поршня позволяет сделать следующие выводы по выбору положения отливки в форме (рис. 2):

- 1) отливка в кокиле должна располагаться головкой вверх;
- 2) кокиль должен состоять из подвижных элементов: полуформы левой, полуформы правой, полуформы верхней, стержня нижнего;
- 3) отверстия под поршневой палец должны быть оформлены элементами левой и правой полуформ;
- 4) внутренняя геометрия поршня, в том числе и каналы для подвода-отвода масла в полость для масляного охлаждения зоны верхнего поршневого кольца должны быть оформлены стержнем нижним и его элементами;
- 5) прибыль должна быть расположена над головкой поршня в центральной части отливки;
- 6) подвод металла должен быть выполнен через щелевой питатель в нижней части боковой стенки отливки.

Другим важным аспектом технологии является разработка оптимальной литниково-питающей системы. При этом необходимо, чтобы было:

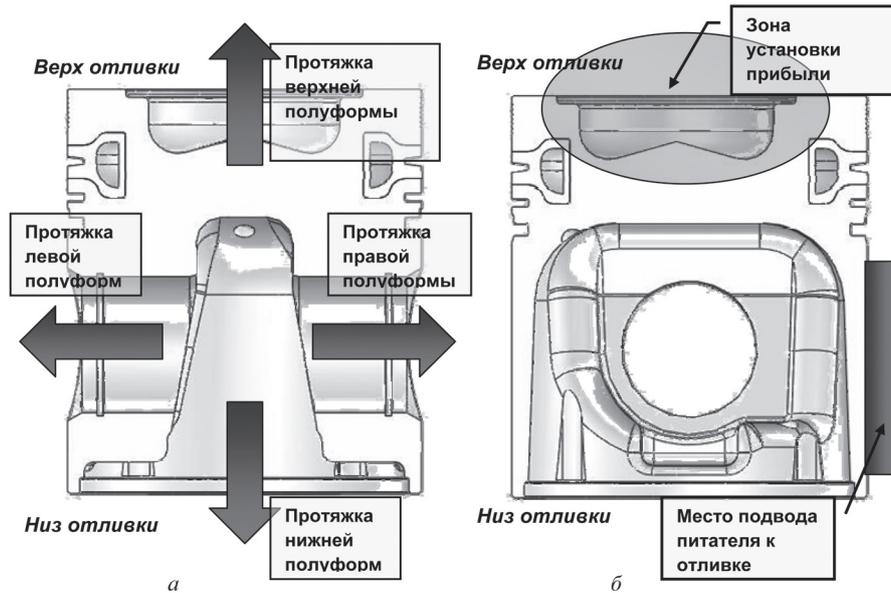


Рис. 2. Положение отливки в форме и схема разборки кокиля: а – сечение отливки вдоль отверстий под поршневой палец; б – сечение отливки перпендикулярно отверстию под поршневой палец

хорошая заполняемость формы;  
минимально допустимая турбулентность потока;  
задержание шлаковых включений;  
положительное давление расплава в каналах  
литейной формы.

Анализ поршня с точки зрения получения отливки, заполнения ее расплавом позволяет сделать однозначный вывод о том, что наиболее оптимальной для заполнения кокиля расплавом может быть боковая литниковая система со щелевым питателем. Общий вид литниково-питающей системы показан на рис. 3.

Качество получаемой в кокиле отливки в значительной степени зависит от скорости его заполнения металлом, которая в свою очередь определяется параметрами литниковой системы: площадью сечения стояка и питателей и местом подвода питателей.

Применительно к получению отливок поршней с нирезистовой вставкой и каналом для масляного охлаждения важно обеспечить два обязательных условия получения качественной отливки: сварива-

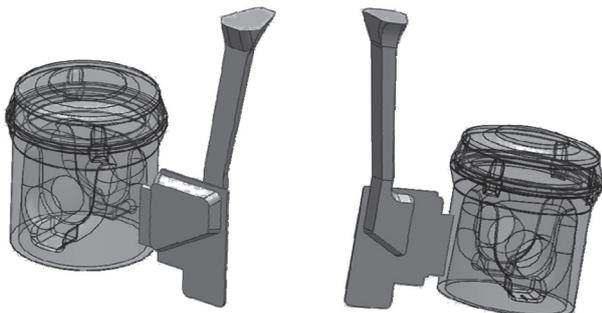


Рис. 3. Общий вид литниково-питающей системы для получения отливки «Поршень» (без прибыльной части)

ние нирезистовой вставки с основным материалом отливки; отсутствие литейных дефектов в материале отливки (пористость, усадочные дефекты, неметаллические включения и т. п.).

Выполненные исследования показывают (рис. 4), что для отливок рассматриваемого поршня (основной сплав отливки АК12М2МгН (АЛ25) в соответствии с ГОСТ 1583–93 и вставка из 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) наиболее оптимальным временем заполнения формы расплавом является 9–11 с.

По мере увеличения времени заполнения формы с 3 до 9 с происходит уменьшение брака как по причине несваривания нирезистовой вставки с основным материалом, так и по причине присутствия литейных дефектов в материале отливки. Повышенный уровень брака отливок при очень быстрой

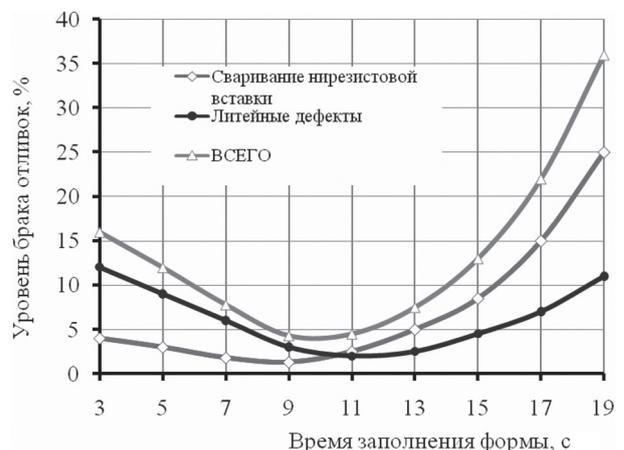


Рис. 4. Влияние времени заполнения кокиля на уровень брака отливок поршней

заливке можно объяснить высокой турбулентностью расплава, плохим обмыванием поверхности нирезистовой вставки расплавом и отсутствием условий для наиболее полного удаления воздуха и шлаковых включений с поверхности вставки. Далее после перехода через минимум брака на уровне 9–11 с заполнения формы наблюдается дальнейшее существенное повышение брака отливок поршней.

В этом диапазоне на брак влияют другие причины. Увеличение времени заполнения приводит к снижению температуры нирезистовой вставки в момент контакта с расплавом, что существенно снижает эффект смыва оксидных пленок, неметаллических включений шлака и флюсов. Кроме того, увеличение времени заполнения кокиля способствует уменьшению жидкотекучести расплава из-за повышенного снижения его температуры в кокиле уже в процессе заливки. Таким образом, существенно возрастает количество таких дефектов, как неспай, недоливы и т. п.

Литниковая система при производстве отливок поршней методом литья в кокиль должна обеспечивать спокойное заполнение кокиля расплавом в течение 9–11 с. В этом случае обеспечиваются нормальные условия для сваривания нирезистовой вставки с основным материалом отливки, условия для выхода газов, задержания шлаков и оксидов, предотвращается подсос воздуха струей расплава и обеспечивается благоприятное распределение температуры в расплаве, при котором происходит направленная кристаллизация и достаточное питание всех сечений отливки.

С целью определения оптимальных параметров технологии получения отливки «Поршень» было проведено многоэтапное моделирование процесса заполнения и кристаллизации отливки при различных вариантах выполнения элемен-

тов кокиля как с применением водяного охлаждения отдельных элементов кокиля, так и без него. При этом охлаждение моделировалось в режиме как непрерывного, так и периодического действия.

В качестве базовой программы для моделирования была выбрана система ProCAST. В таблице приведены варианты режимов моделирования.

В результате моделирования установлено, что оптимальной исходной температурой кокиля является 200 °С. Наличие водяного охлаждения позволяет интенсифицировать процесс производства отливок и стабилизировать тепловой режим кокиля на нужном уровне. При этом моделирование показало, что в случае производства отливок поршней наиболее оптимальным режимом водяного охлаждения является периодическое охлаждение, включаемое сразу после заполнения формы расплавом и прекращаемое через определенный промежуток времени.

В связи с тем что отливка «Поршень» является крайне неравностенной отливкой с наличием значительных перепадов по толщине стенок и больших массивов в определенных зонах, установлено, что водяное охлаждение рационально применить отдельно для некоторых элементов отливки. К таким местам следует отнести днище поршня с внутренней стороны поршня; бобышки под поршневой палец; головку поршня.

Причем для каждого элемента, как установлено в результате моделирования, требуется различное время охлаждения и разная интенсивность потока воды.

На рис. 5 показаны фрагменты отдельных этапов заполнения формы расплавом при оптимальных параметрах кокиля для обеспечения формирования качественной отливки поршня без усадочных и воздушно-газовых дефектов.

Варианты режимов моделирования

| Вариант моделирования | Параметры моделирования         |                    |                                   |
|-----------------------|---------------------------------|--------------------|-----------------------------------|
|                       | исходная температура кокиля, °С | водяное охлаждение | периодичность водяного охлаждения |
| 1                     | 150                             | Да                 | Постоянное                        |
| 2                     |                                 | Да                 | Периодическое                     |
| 3                     |                                 | Нет                | –                                 |
| 4                     | 200                             | Да                 | Постоянное                        |
| 5                     |                                 | Да                 | Периодическое                     |
| 6                     |                                 | Нет                | –                                 |
| 7                     | 250                             | Да                 | Постоянное                        |
| 8                     |                                 | Да                 | Периодическое                     |
| 9                     |                                 | Нет                | –                                 |
| 10                    | 300                             | Да                 | Постоянное                        |
| 11                    |                                 | Да                 | Периодическое                     |
| 12                    |                                 | Нет                | –                                 |

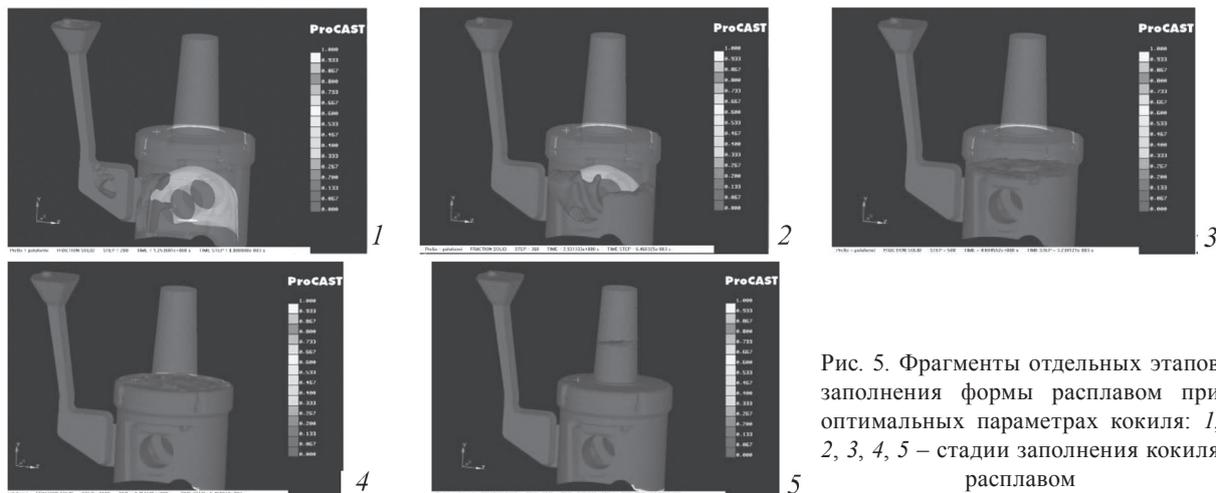


Рис. 5. Фрагменты отдельных этапов заполнения формы расплавом при оптимальных параметрах кокиля: 1, 2, 3, 4, 5 – стадии заполнения кокиля расплавом

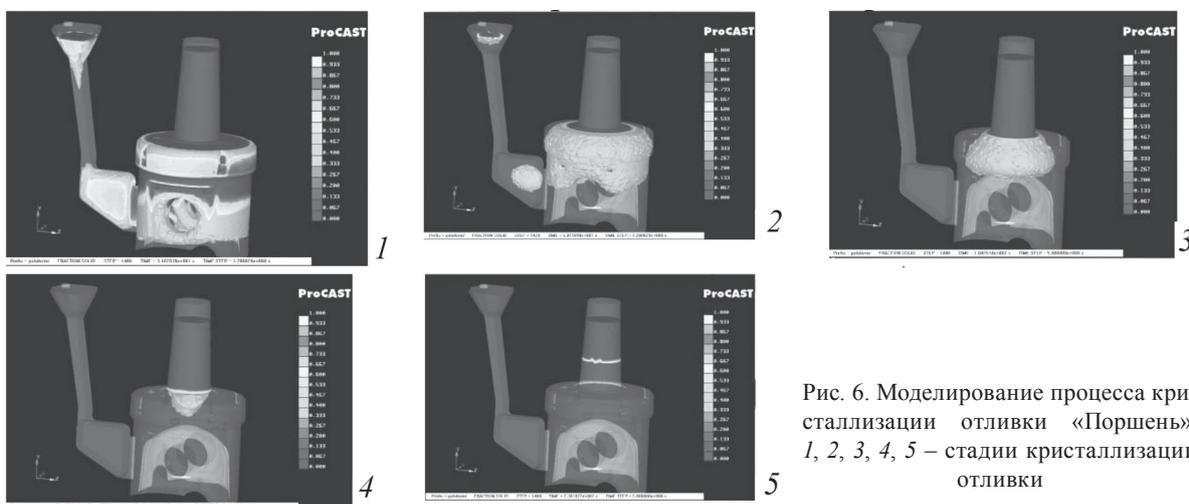


Рис. 6. Моделирование процесса кристаллизации отливки «Поршень»: 1, 2, 3, 4, 5 – стадии кристаллизации отливки

Анализ заполнения свидетельствует о ламинарном характере заполнения формы, что существенно снижает вероятность образования воздушно-газовых дефектов в отливке. При этом принятая литниковая система обеспечивает заполнение формы расплавом в достаточно короткое время, что особенно важно для сваривания нирезистовой вставки с алюминиевым сплавом.

Одновременно следует отметить достаточно малый объем литниковой системы и прибыли. Это оказывает положительное влияние на экономические показатели процесса получения отливок поршней в кокилях с выбранными параметрами.

На рис. 6 показан процесс кристаллизации отливки «Поршень» по наиболее рациональному варианту, определенному в результате моделирова-

ния (вариант 5). Причем для наглядности процесса показана только остающаяся в отливке в процессе кристаллизации жидкая фаза.

Как видно из рисунка, в процессе кристаллизации отсутствуют остающиеся замкнутые объемы жидкой фазы, что свидетельствует о направленности процесса кристаллизации и, как следствие, формировании плотной структуры отливки без наличия усадочных дефектов. Последние элементы жидкой фазы наблюдаются в прибыльной части отливки.

Таким образом, можно говорить о теоретическом подтверждении правильного выбора технологических параметров производства отливок поршней, которые позволяют обеспечивать получение отливок высокого качества.

#### Литература

1. Краев Б. А., Садох М. А., Мельников А. П. и др. Технология и оборудование для литья поршней// Литье и металлургия. 2001. № 4. С. 52–54.
2. Немененок Б. М., Калиниченко В. А., Садох М. А., Гутко В. И. Повышение ресурса работы поршней двигателей внутреннего сгорания// Литье и металлургия. 2005. № 2. Ч. 1. С. 175–178.
3. Гутко В. И., Садох М. А., Мельников А. П., Бачек А. И. Некоторые особенности производства отливок поршней для высоконагруженных дизельных двигателей// Литье и металлургия. 2006. № 2. Ч. 1. С. 111–115.
4. Садох М. А., Волочко А. Т., Овчинников В. В. Технологические особенности производства поршней для высокофорсированных двигателей// Литье и металлургия. 2009. № 3. С. 71–75.