

ванием специальных технологических приемов также увеличивает область устойчивого деформирования заготовки. При этом улучшаются показатели экологической безопасности.

ки / В.А. Голенков, С.Ю. Радченко. М.: Машиностроение, 1997. 226 с. 2. Голенков В.А. Специальные технологические процессы и оборудование обработки давлением / В.А. Голенков, А.М. Дмитриев и др. – М.: Машиностроение, 2004. – 464с.

**Список литературы:**

1. Голенков В.А. Технологические процессы обработки металлов давлением с локальным нагружением заготов-

УДК 621.74.046

**Л. С. Золотарь, инж., О. В. Акимов, д-р техн. наук, Б. П. Таран, канд. техн. наук**

**МЕТОДОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЛИТОЙ БИМЕТАЛЛИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОРШНЕЙ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДВС**

Решение проблемы повышения мощности и экономичности двигателя за счет форсирования режима его работы неразрывно связано с повышением качества и долговечности деталей двигателя, в первую очередь поршней, рабочие характеристики которых существенно зависят от свойств материалов, используемых для их изготовления.

До настоящего времени алюминиевые сплавы, в особенности силумины, являются оптимальным поршневым сплавом для двигателей со средним эффективным давлением в пределах 1,2–1,7 МПа. Однако учитывая дальнейший рост эффективного давления двигателей, можно предположить, что алюминиевые поршни не смогут обеспечить требуемую работоспособность из-за недостаточной теплостойкости. Граничные нагрузки поршня могут быть расширены за счет изменения конструкции, а именно применением различного рода износостойких вставок, жаропрочных накладок, армированием поршня, нанесением теплозащитных и противоизносных покрытий. Но все это влияет на усложнение конструкции, влечет увеличение массы поршня и затрат на его изготовление.

Применение чугуна в качестве поршневого сплава позволяет значительно увеличить допустимые нагрузки на поршень. Чугун меньше, чем алюминиевые сплавы склонен к усталостному разрушению, превосходит их по таким параметрам как теплостойкость и модуль упругости, имеет меньший коэффициент линейного расширения. Это позволяет использовать его для изготовления монолитных поршней, работающих в режиме средней

степени форсирования, при эффективных давлениях от 1,6 МПа до 2,23 МПа

Особый интерес в этой связи представляет чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ), который обладает наиболее благоприятным сочетанием свойств, необходимых для поршня высокофорсированного двигателя. При хорошей комбинации длительной прочности и пластичности он имеет повышенную теплопроводность, что позволяет существенно расширить уровень форсирования ДВС и делает его весьма перспективным при изготовлении поршней высокофорсированных двигателей. Единственным сдерживающим фактором является высокий удельный вес чугуна. Однако при температурах, превышающих 600 °С, чугун утрачивает свою теплостойкость, что приводит поршень к разрушению.

Таким образом, повышение степени форсирования двигателей тормозится из-за недостаточной теплостойкости традиционных поршневых сплавов. Чтобы эти материалы смогли обеспечить ранее недостижимые температурно-силовые параметры работы двигателя они должны обладать следующим комплексом свойств: иметь высокую жаропрочность и стойкость к высокотемпературной газовой коррозии, высокую трещиностойкость, малый удельный вес, низкие значения коэффициента теплопроводности и термического расширения. Этим требованиям наиболее полно удовлетворяют керамика и биметаллические композиции.

В практике мирового двигателестроения известны разработки двигателей нового поколения с привлечением керамики на основе оксидов, карби-

дов, нитридов и более сложных композиций [1]. Однако уровень механических свойств этих материалов, в частности трещиностойкости, является недостаточным. Это обстоятельство, а также высокая стоимость изделий из новейших керамических материалов сдерживают их широкое применение.

В условиях резких теплосмен металлокерамические материалы обладают повышенной стойкостью против термоудара [1] и большой стойкостью к динамическим нагрузкам по сравнению с керамикой. Однако большинство используемых для деталей ДВС металлокерамических материалов имеют высокую теплопроводность и не могут обеспечить надежную теплоизоляцию камеры сгорания.

Учитывая, что монометаллические поршни не смогут обеспечить длительную работу двигателя в условиях высокой степени форсирования особо перспективным становится использование биметаллических поршней. Существенного результата можно ожидать от использования вставок под камеру сгорания поршня из термостойких и малотеплопроводных материалов.

Для того, чтобы поршень работал в условиях высокой степени форсирования двигателя, был найден компромисс в выполнении днища поршня из термостойкого, малотеплопроводного материала, которым является титановый сплав, хотя высокая стоимость титана, его дефицитность и трудности, возникающие при обработке резаньем, делают использование титанового сплава как поршневого материала также проблематичным.

Можно было бы предложить к применению алюминиевый поршень с титановой головкой, составной по конструкции. Получение такого биметаллического поршня нецелесообразно из-за большого различия теплофизических свойств, прежде всего коэффициентов линейного расширения. Однако он также не может быть использован для работы в высокофорсированном режиме из-за недостаточной износостойкости.

Чугун имеет большую износостойкость, чем алюминий, а его коэффициент линейного расширения сравним с соответствующим коэффициентом титанового сплава. Это означает, что получение металлической связи между чугуном и титановым сплавом вероятно в большой степени. Наличие в поршне металлической связи между юбкой и головкой поршня гораздо предпочтительнее, чем механическая. Именно металлическая связь обеспе-

чивает условия для получения отливки с комплексом заданных свойств, тогда как в отливках с механической связью составные части сохраняют свойства отдельных материалов.

Учитывая приведенные факты, можно ожидать существенного результата от применения в условиях высокой степени форсирования двигателя чугунного поршня с вставкой под камеру сгорания, выполненной из титанового сплава.

Рассматривая в частности, биметаллическую композицию чугун – титановый сплав, можно опираться на известные результаты, свидетельствующие о том, что титан с железом могут образовывать лишь ограниченный твердый раствор. Максимальная растворимость железа в титане при 590 °С – менее 0,2 %. При этом происходит эвтектоидное превращение с образованием  $\alpha$  - фазы титана и хрупкого интерметаллического соединения FeTi [2]. Это свидетельствует о том, что взаимная смачиваемость этих металлов недостаточна для возникновения металлической связи в композиции.

При взаимодействии железа и титана на границе их раздела образуется переходный диффузионный слой, состоящий из интерметаллических хрупких соединений. Наличие этих хрупких соединений существенно снижает прочность связи в композиции [2]. Вероятно, что введение в состав композиции третьего элемента в качестве промежуточного покрытия могло бы либо затормозить образование хрупких включений, либо предотвратить их образование вообще.

Улучшения смачивания расплавом можно достичь путем нанесения промежуточного покрытия на поверхность твердой вставки.

Считается, что особенно результативным является покрытие такими металлами, которые при выбранной температуре процесса получения композиции имеют более замкнутую  $\gamma$  – область в системе «твердый металл – железо», чем твердый металл [3].

Существует ряд рекомендаций по выбору металлических покрытий для титановых сплавов. Чаще других упоминаются ванадиевые, никелевые, алюминиевые покрытия [3].

С целью оценки смачиваемости титановой вставки металлическими покрытиями и их сплавляемости с чугуном была проведена серия экспериментов по ее жидкофазной металлизации раз-

личными составами. Нагрев производился в атмосфере аргона.

Технологические параметры каждого процесса приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры процесса жидкофазной металлизации

Состав покрытия	Температура поверхности вставки, °С	Температура расплава покрытия, °С	Время выдержки вставки в расплаве покрытия, сек	Температура расплава чугуна, °С	Время выдержки вставки в расплаве чугуна, сек
900	1500	10	1350	10	
900	500	10	1350	10	
900	800	10	1350	10	
900	1100	10	1350	10	
Монель	900	1300	10	1350	10

Опыты показали, что жидкофазная металлизация титановой вставки сплавом меди и никеля (монелью) является наиболее целесообразной. Слой никеля на границе с чугуном имеет зубцы, вклинивающиеся вглубь по границам зерен на различную глубину в зависимости от длительности отжига образца, что обусловлено различной скоростью диффузии никеля через кристаллическую решетку и по границам зерен.

Известно, что процессы образования интерметаллической фазы и растворения твердого металла в расплаве идут одновременно, поэтому конечная структура зависит от соотношения скоростей этих процессов. Так как растворение никеля в железе происходит чрезвычайно интенсивно, то этот про-

цесс тормозит рост слоя хрупких интерметаллических соединений в промежуточной зоне.

Таким образом, литая композиция чугун – титановый сплав может быть рекомендована в качестве материала для изготовления поршней перспективных ДВС.

**Список литературы:**

1. Таран Ю. Н. Новые металлокерамические материалы на основе титана / Ю. Н. Таран, В. И. Мазур, С. В. Капустникова и др. // Металл и литье Украины. К.: Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украин. – 1999.– №11–12.– Сс. 42-46. 2. Мороз Л. С. Титан и его сплавы / Л. С. Мороз и др. – Л.: Машигиз, 1960.– с. 25. 3. Мельник П. И. Технология диффузионных покрытий / П. И. Мельник– К.:Наукова думка, 1978.– С. 45, 54, 62.