



Новые пропитывающие материалы для герметизации отливок из магниевых и алюминиевых сплавов

З. П. Уридия

И. Ю. Мухина

кандидат технических наук

Июнь 2011

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более, чем в 30-ти научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в 4-х филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках Международных салонов в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат Государственных премий СССР и РФ, академик РАН Е.Н.Каблов.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Все материалы. Энциклопедический справочник», №8, 2011 г.

Электронная версия доступна по адресу: www.viam.ru/public

Новые пропитывающие материалы для герметизации отливок из магниевых и алюминиевых сплавов

З. П. Уридия, И. Ю. Мухина

Всероссийский институт авиационных материалов.

Исследована эффективность новых и известных пропитывающих составов (компаунд КП-ГС-55, анаэробный клей-герметик Анакрол-90, анаэробный герметик Анатерм-1у, композиция Анатерм-ПК-80), выпускаемых отечественными производителями, для герметизации литья.

Пропитке методом вакуум-давления подвергались образцы из магниевых (МЛ5 и МЛ10) и алюминиевых сплавов (АЛ9 и ВАЛ10). Изучены технологические параметры процесса герметизации и способы удаления пропитывающего материала, обеспечивающие адгезию лакокрасочных покрытий к поверхности отливок и типичную коррозионную стойкость указанных сплавов в изделиях.

Разработаны и оптимизированы технологические параметры герметизации литья из алюминиевых и магниевых сплавов методом вакуум-давления. Проведены ресурсные испытания пропитанных образцов в различных средах (в масле Б-3В при температуре 150°C; в масле ИПМ-10 при температуре 200°C), исследовано влияние предельных рабочих температур: -60 и +250°C на герметичность пропитанных образцов. Исследовано влияние пропитывающих материалов на коррозионную стойкость и адгезию ЛКП к поверхности образцов из сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9, ВАЛ10.

Исследованные пропитывающие материалы рекомендуются для герметизации отливок из алюминиевых и магниевых сплавов различными методами в зависимости от величины пор и условий эксплуатации изделий.

Введение

Успешному применению магниевого и алюминиевого литья в изделиях авиационной техники в значительной степени препятствуют дефекты литого

материала, приводящие к негерметичности деталей, которая обнаруживается при испытаниях и эксплуатации.

Под герметичностью понимается способность отливки препятствовать проникновению через ее стенки рабочих или контрольных сред. Количественно величина (или степень) герметичности характеризуется потоком среды через поверхность отливки.

Возможны два механизма проникновения среды через стенки отливок: за счет диффузии атомов через материал отливки и за счет течения сред через сквозные каналы в стенках отливки. Если отливка не имеет сквозных каналов, а среда инертна по отношению к ее материалу, то герметичность абсолютна. В случае же, когда возможна диффузия атомов среды через материал, даже при отсутствии сквозных каналов герметичность отливки относительна. Для диффузионных процессов, при условиях испытаний отливок на герметичность, величины этих потоков пренебрежительно малы.

Герметичность является эксплуатационной характеристикой отливки, которая зависит от количества и размеров сквозных каналов и изменяется при изменении условий испытаний. Количественным критерием оценки герметичности является поток среды через сквозные каналы в стенках отливок [1, 2].

Содержание работы

Исследовалась эффективность новых и известных пропитывающих составов (компаунд КП-ГС-55, анаэробный клей-герметик Анакрол-90, анаэробный герметик Анатерм-1у, композиция Анатерм-ПК-80). Пропитке методом вакуум-давления подвергались образцы из магниевых сплавов МЛ5 и МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10.

Изучались технологические параметры процесса герметизации и способы удаления пропитывающего материала, обеспечивающие адгезию лакокрасочных покрытий к поверхности отливок и типичную коррозионную стойкость указанных сплавов в изделиях.

С целью определения технического уровня и тенденций развития в России и за рубежом в области разработки пропитывающих материалов и технологических процессов герметизации пористых отливок из магниевых и алюминиевых сплавов проводились патентно-технические исследования.

На основании анализа патентной и научно-технической информации журналов «Клеи.Герметики. Технологии», «Литейное производство» для герметизации литья методом вакуум-давления выбраны пропитывающие материалы, приведенные в табл.1.

Таблица 1.

Пропиточные составы для герметизации микропор методом вакуум-давления

Показатели	Значение показателей составов			
	Компаунд пропиточный герметизирующий КП-ГС-55 (ТУ2226-049-00216415—2007)	Герметик анаэробный универсальный Анатерм-1У (ТУ2257-321-00208947—2000, изм. 1, 2)	Композиция пропитывающая Анатерм-ПК-80 (ТУ2257-428-00208947—2004, изм. 1, 2, 3)	Состав пропиточный Анакрол-90 (ТУ2257-007-50686066—2003, изм. 1)
Внешний вид	Однородная прозрачная жидкость светло-коричневого цвета без посторонних включений	Однородная жидкость красного или светло-желтого цвета без механических примесей	Подвижная жидкость от светло-желтого до коричневого цвета	Подвижная жидкость от светло-желтого до коричневого цвета
Вязкость	Не более 25*	(8—15)**	(7—12)**	(7—15)***
Допустимый максимальный размер пор, мм	≤0,1	≤0,1	≤0,1	≤0,1
* Условная вязкость по вискозиметру ВЗ-246 с диаметром сопла 4,0 мм при температуре (50±5) °С, с. ** Кинематическая вязкость при температуре (20±0,1) °С, мм ² /с. *** Динамическая вязкость при температуре (20±0,2) °С, мПа·с.				

Исследованные в работе материалы выпускаются отечественными производителями и являются аналогами зарубежных композиций (фирмы США: Loctite Corporation, Henkel Corporation, Henkel Loctite Corporation).

С целью исследования возможности применения современных марок герметизирующих составов были отлиты в кокиль заготовки из магниевых сплавов МЛ5, МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10 Ø70 мм, из наиболее пористой верхней части заготовок изготовлены образцы диаметром 52 мм и толщиной 4 мм.

Пористость на образцах получена в результате объемной усадки сплава при заливке заготовок в кокиль и их затвердевании.

Микропористость (микрорыхлота) является естественным результатом двух физических процессов, проявляющихся при кристаллизации жидких сплавов: усадки и абсорбции газа. Наличие пористости можно обнаружить при рентгенопросвечивании (рис. 1), исследовании микроструктуры (рис. 2) и методом пневмоиспытания при подаче сжатого воздуха или других газов в отливку (деталь).

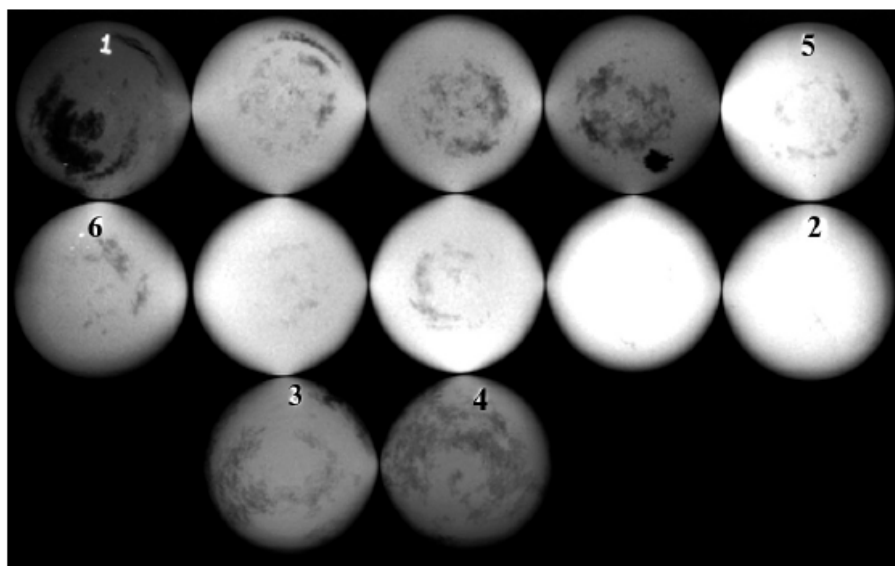


Рисунок 1. Рентгеновские снимки образцов литейного магниевого сплава МЛ5 с различной степенью микрорыхлоты (1 - 6 - номер образца)

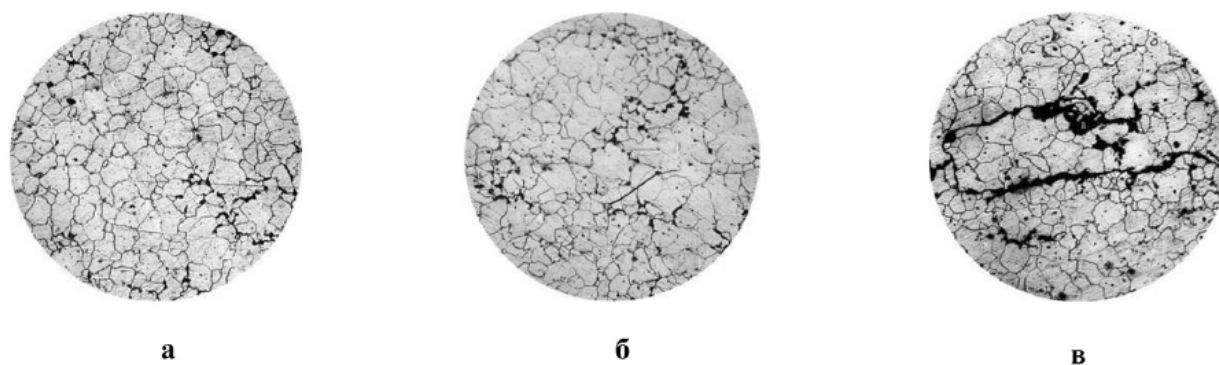


Рисунок 2. Рис. 2 Микроструктура ($\times 100$) литейного магниевого сплава МЛ5 (толщина образца 4 мм): а - слабая степень микрорыхлоты; б - средняя степень микрорыхлоты; в - сильная степень микрорыхлоты

Отливка или деталь погружается в воду, и пузырьки воздуха, отделяющиеся от ее поверхности, указывают на наличие в ней пор. Даже если дефект не виден невооруженным глазом, его можно обнаружить по

разнообразному течению воздушных пузырьков. Различают единичные выделения пузырьков, струйную течь в виде потока мельчайших пузырьков и еле заметное «потение».

Пористость в виде микрорыхлоты подлежит устранению в соответствии ОСТ1 900248 «Отливки фасонные из магниевых сплавов. Общие технические требования» и ОСТ1 900021 «Отливки фасонные из алюминиевых сплавов. Технические требования».

Пропитку отливок применяют для ликвидации достаточно мелких пор, невидимых невооруженным глазом, в соответствии с типовыми эталонами рентгенопленок, разработанными в ВИАМ, для сплавов определенных систем.

Пропитка методом вакуум-давления является наиболее эффективной благодаря тому, что создаваемое в автоклаве предварительное разрежение способствует более глубокому проникновению герметизирующего материала в поры отливки из-за уменьшения возможного противодействия воздуха, оставшегося в порах после проверки герметичности. Вместе с тем уменьшается возможность искажения герметизирующей пробки, в результате расширения этого воздуха при нагреве детали или образца во время отверждения герметизирующего состава. После создания вакуума из смежной с автоклавом емкости перекачивается пропитывающий материал (при необходимости предварительно подогретый), который заполняет автоклав с находящимися внутри отливками или образцами. Затем в автоклаве создают избыточное давление.

В каждом конкретном случае при устранении пор в отливках действует много специфически значимых факторов. Практически могут быть устранены те поры, диаметр которых меньше их длины. В данном случае более успешно работают анаэробные герметики с низкой вязкостью, так как вязкость характеризует способность композиции заполнять поры. Например, размер пор, которые можно легко устранить в толстостенных отливках, может сильно отличаться от размеров пор в тонкостенных отливках. Это

связано с тем, что «вымывание» герметика после процесса пропитки легче происходит из пор тонкостенных деталей [3]. При этом нужно учитывать скорость полимеризации, которая зависит от химического состава пропитываемого материала, времени набора рабочей и полной прочности, а также размера и протяженности пор [4].

Поэтому способом определения потенциальной возможности герметизации отливок и оценки эффективности пропитываемого материала являлась пропитка образцов и последующее их испытание на герметичность, ресурс, коррозионную стойкость и адгезию лакокрасочных покрытий.

Разработаны технологические параметры герметизации литья из магниевых (МЛ5 и МЛ10) и алюминиевых (АЛ9 и ВАЛ10) сплавов методом вакуум-давления следующими пропитываемыми материалами: компаундом КП-ГС-55, анаэробным герметиком Анатерм-1у, композицией Анатерм-ПК-80, анаэробным клеем-герметиком Анакрол-90.

Исследованы способы удаления излишков пропитывающих материалов водой, ветошью, смоченной ацетоном или сухой - в зависимости от состава герметика, с целью обеспечения адгезии лакокрасочных покрытий к поверхности отливок из алюминиевых и магниевых сплавов и типичной коррозионной стойкости исследованных сплавов.

Проведены ресурсные испытания пропитанных образцов при температурах 150 и 200°С в течение 1000 ч. Для проведения ресурсных испытаний были отобраны негерметичные образцы («потение» и «струйная течь»), затем течь на образцах была ликвидирована исследуемыми пропитываемыми составами методом вакуум-давления.

Отверждение пропитываемых составов в порах образцов проводили по оптимальным технологическим параметрам герметизации.

После проверки герметичности (давление воздуха 0,6 МПа) пропитанные образцы помещали в емкости с маслом Б-3В и ИПМ-10, которые в специальном контейнере в термостате выдерживали при температуре 150°С для масла Б-3В и 200°С для масла ИПМ-10) в течение 1000 ч.

Одновременно с ресурсными испытаниями в маслах проводили испытания на воздухе при температурах 150 и 200°C. Проверку герметичности образцов осуществляли методом пневмоиспытания (продолжительность всего испытания 1000 ч) при давлении воздуха 0,6 МПа через каждые 100 ч испытаний. В результате исследования установлено, что образцы из магниевого сплава МЛ5, пропитанные методом вакуум-давления составами Анатерм-1у; Анакрол-90; Анатерм-ПК-80 и компаундом КП-ГС-55, сохраняют герметичность после испытаний при 150°C в среде масла Б-3В и на воздухе в течение 1000 ч.

Образцы из магниевого сплава МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10, пропитанные методом вакуум-давления составами Анатерм-1у, Анакрол-90 и Анатерм-ПК-80, сохраняют герметичность после испытаний при температуре 200°C в среде масла ИМП-10 и на воздухе в течение 1000 ч.

Термоциклирование (5 циклов по режиму $-60 \leftrightarrow +250^\circ\text{C}$) проведено с целью исследования влияния предельных температур эксплуатации изделия на герметичность образцов, пропитанных исследуемыми составами методом вакуум-давления. После устранения течи образцы из магниевого сплава МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10 испытывали при температурах -60 и $+250^\circ\text{C}$, а образцы из магниевого сплава МЛ5, пропитанные компаундом КП-ГС-55, испытывали при температурах -60 и $+150^\circ\text{C}$. После выдержки при температурах испытания в течение 1 ч проводили пневмоиспытания с целью проверки герметичности образцов при давлении воздуха 0,6 МПа. Установлено, что все образцы из магниевого сплава МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10, пропитанные составами Анатерм-1у, Анакрол-90 и Анатерм-ПК-80, сохраняют герметичность в течение пяти циклов $-60 \leftrightarrow +250^\circ\text{C}$; образцы из магниевого сплава МЛ5, пропитанные компаундом КП-ГС-55, сохраняют герметичность в течение пяти циклов $-60 \leftrightarrow +150^\circ\text{C}$.

Исследование влияния пропитываемых материалов на коррозионную стойкость сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9 и ВАЛ10 проводили по ГОСТ 9.913 в

камере солевого тумана при постоянном распылении 5%-го раствора NaCl в течение 90 сут (сравнение с образцами без пропитки). В результате исследования установлено, что коррозионная стойкость сплавов в результате пропитки исследуемыми составами не ухудшается и соответствует типичной коррозионной стойкости указанных сплавов.

Исследование адгезии лакокрасочных покрытий (ЛКП) к поверхности образцов из сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9 и ВАЛ10 проводили по ГОСТ 15140-78 методом параллельных надрезов с применением липкой ленты.

Образцы из магниевых сплавов МЛ5 и МЛ10 были окрашены - после хроматирования и пропитки методом вакуум-давления исследуемыми составами — системой ЭП-076 (1 слой) + ЭП-104 (2 слоя) с последующей сушкой при 90°C в течение 3 ч, а образцы из алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10 - после анодирования и пропитки методом вакуум-давления исследуемыми составами - системой ЭП-0215 (1 слой) + ЭП-104 (2 слоя) с последующей сушкой при 90°C в течение 3 ч.

Установлено, что адгезия ЛКП к поверхности пропитанных исследуемыми составами образцов не ухудшается по сравнению с адгезией ЛКП к поверхности непропитанных образцов в сухом состоянии и после выдержки в течение суток в дистиллированной воде.

Выводы

1. Проведены ресурсные испытания пропитанных образцов в различных средах: в масле Б-3В при температуре 150°C; в масле ИПМ-10 при температуре 200°C в течение 1000 ч.
2. Исследовано влияние предельных рабочих температур эксплуатации на герметичность пропитанных образцов сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9, ВАЛ10 методом термоциклирования (5 циклов -60 ↔ +250°C).
3. Исследовано влияние пропитывающих материалов на коррозионную стойкость образцов сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9 и ВАЛ10 в камере

солевого тумана при постоянном распылении 5%-го раствора NaCl в течение 90 сут.

4. Методом параллельных надрезов исследована адгезия стандартных лакокрасочных покрытий после хроматирования и пропитки сплавов МЛ5 и МЛ10, для алюминиевых сплавов АЛ9 и ВАЛ10 - после анодирования и пропитки.
5. Проведенные исследования показали эффективность пропитывающих составов: компаунда пропиточного герметизирующего КП-ГС-55, композиции Анатерм-ПК-80, состава пропиточного Анакрол-90, герметика анаэробного универсального Анатерм-1у при их использовании для устранения пористости размером $\leq 0,1$ мм методом вакуумдавления образцов, отлитых из магниевых сплавов МЛ5, МЛ10 и алюминиевых сплавов АЛ9, ВАЛ10.
6. В результате выполненных исследований разработаны рекомендации, которые являются руководством по герметизации отливок из алюминиевых и магниевых сплавов различными методами в зависимости от величины пор и условий эксплуатации изделий.
7. Исследованные перспективные пропиточные составы рекомендованы для устранения пористости отливок из алюминиевых и магниевых сплавов узлов агрегатов изделий авиа- и машиностроения.

Список литературы

1. Мельников Н. А. // Литейное производство. 2006. № 2. С. 4.
2. Альтман М. Б. и др. Магниеые сплавы: Справочник. М.: Металлургия, 1978. Т. 2. С. 147.
3. Москвичев А. Н. // Клеи. Герметики. Технологии. 2005. № 1. С. 12.
4. Гуров А. А. // Клеи. Герметики. Технологии. 2004. № 5. С. 14.