



О герметизации отливок из магниевых и алюминиевых сплавов

З.П. Уридия

И.Ю. Мухина

кандидат технических наук

Август 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 «Литейное производство», №2, 2012 г.

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

О герметизации отливок из магниевых и алюминиевых сплавов

З.П. Уридия, И.Ю. Мухина

Всероссийский институт авиационных материалов

Исследовали эффективность пропитывающих составов для герметизации отливок из Mg- и Al-сплавов. Изучали параметры процесса герметизации и способы удаления пропитывающего материала, обеспечивающие адгезию лакокрасочных покрытий (ЛКП) к поверхности отливок и коррозионную стойкость этих сплавов. Разработаны и оптимизированы параметры герметизации отливок из Al- и Mg-сплавов методами капиллярного всасывания и вакуум-давления. Приведены результаты испытания образцов в разных средах и исследования влияния предельных рабочих температур на герметичность пропитанных образцов.

Ключевые слова: герметизация, вакуум-давление, ресурсные испытания, коррозионная стойкость, адгезия.

Effectiveness of impregnation compounds for sealing Mg and Al alloy castings was investigated. Effect of sealing process parameters and methods of removing the impregnation compound material providing adhesion of paint-and-lacquer coatings to casting surfaces, and corrosion resistance of the alloys were studied. Parameters of sealing Al and Mg alloy castings by the methods of capillary suction and vacuum-pressure have been developed and optimized. Results of testing specimens in different media and investigating the effect of limit operating temperatures on the pressure-tightness of impregnated specimens are given.

Key words: sealing, vacuum-pressure, life tests, corrosion resistance, adhesion.

Успешному применению Mg- и Al-отливок в изделиях авиационной техники в значительной степени препятствуют дефекты литого материала, приводящие к негерметичности деталей, которая обнаруживается при испытаниях и эксплуатации.

Под герметичностью понимают 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;
- течения сред через сквозные каналы в стенках отливки.

Для диффузионных процессов, при условиях испытаний отливок на герметичность, эти потоки пренебрежительно малы, следовательно, герметичность зависит от количества и размеров сквозных каналов и изменяется при изменении условий испытаний.

Для исследований и испытаний были отлиты в кокиль заготовки из сплавов МЛ5, МЛ10 и АЛ9, ВАЛ10. Из наиболее пористой верхней части заготовок изготовлены образцы необходимого размера. Пористость на образцах получена в результате объемной усадки сплава при заливке в кокиль и затвердевании отливок.

Микропористость (микрорыхлота) – естественный результат 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 3) и пневмоиспытанием при подаче сжатого воздуха в отливку (деталь). Отливку (деталь) с предварительно закрытыми отверстиями погружают в дистиллированную воду, в ее внутреннюю полость подают сжатый воздух, и пузырьки воздуха, отделяющиеся от внешней поверхности, указывают на наличие пор. Даже, если дефект не виден невооруженным глазом, его можно обнаружить по движению воздушных пузырьков. Различают единичные

выделения пузырьков, струйную течь (в виде потока мельчайших пузырьков) и еле заметное «потение».

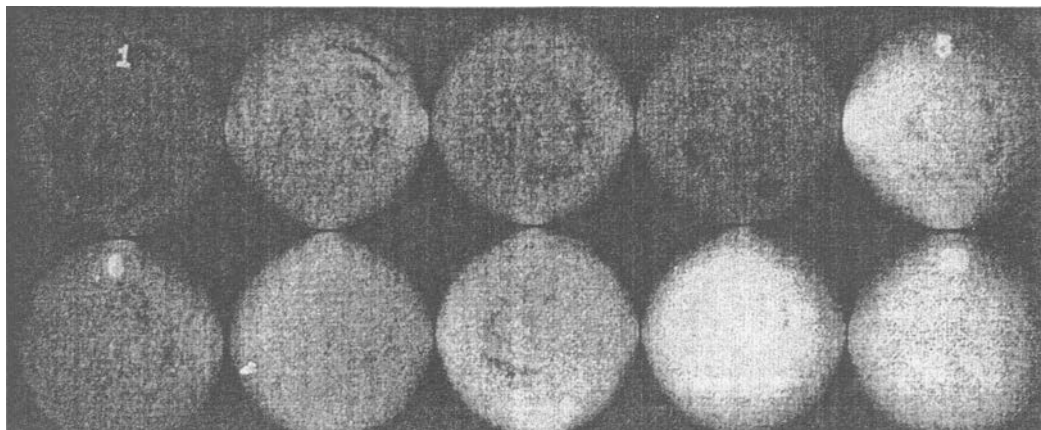


Рисунок 1. Рентгеновские снимки образцов 1–10 из сплава МЛ5 с разной степенью микрорыхлоты

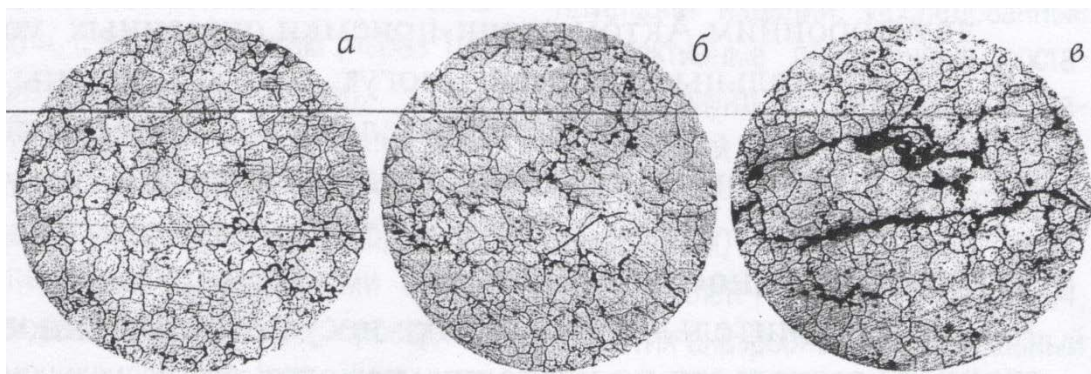


Рисунок 2. Микроструктура ($\times 100$) образца толщиной 4 мм из сплава МЛ5 с разной степенью микрорыхлоты: а – слабая, б – средняя, в – сильная

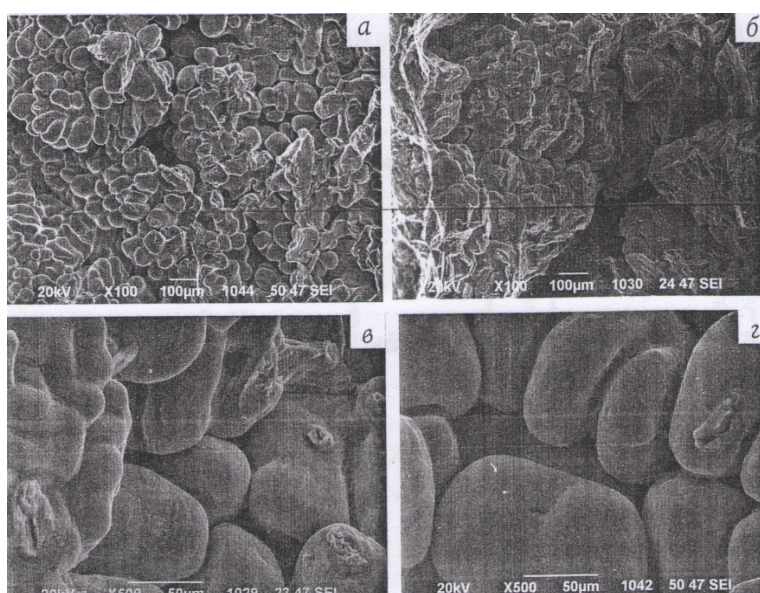


Рисунок 3. Строение излома сплава МЛ5 с микрорыхлотой: а, б – $\times 100$; в, г – $\times 500$

Пористость в виде микрорыхлоты подлежит устранению в соответствии с ОСТ1 90248 «Отливки фасонные из магниевых сплавов. Общие технические требования» и ОСТ1 90021 «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 ВИАМе, для сплавов определенных систем.

В каждом конкретном случае при устранении пор в отливках действует много специфически значимых факторов. Для устранения пор, диаметр которых меньше их длины, успешно используют анаэробные герметики низкой вязкости, 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, поскольку «вымывание» герметика после пропитки легче происходит из пор тонкостенных деталей. При этом, нужно учитывать скорость полимеризации, которая зависит от химсостава пропитывающего материала, времени набора рабочей и полной прочности, а также размера и протяженности пор.

Для определения технического уровня разработок пропитывающих материалов и техпроцессов герметизации пористых отливок из Mg- и Al-сплавов в России и за рубежом проводили анализ патентной и научно-технической информации, на основании которого для герметизации отливок выбрали пропитывающие материалы российских производителей:

- компаунд пропиточный герметизирующий КП-ГС-55 (ТУ2226-049-00216415–2007);
- герметик анаэробный универсальный Анатерм-1У (ТУ2257-321-00208947–2000, изм. 1, 2);
- композицию пропитывающую Анатерм-ПК-80 (ТУ2257-428-00208947–2004, изм. 1, 2, 3);
- состав пропиточный Анакрол-90 (ТУ2257-007-50686066–2003, изм. 1): анаэробный клей-герметик Анакрол-204 (ТУ2242-005-50686066–2003);

- пропиточные составы Анакрол-2501 (ТУ2257-014-50586066–2006) и Анакрол-2505 (ТУ2257-014-50686066–2006).

Зарубежные аналоги композиций представлены фирмами США: Loctite Corporation, Henkel Corporation, Henkel Loctite Corporation и др.

При выборе материала для герметизации отливок учитывали следующие требования:

- Способность состава хорошо заполнять сквозные капиллярные каналы отливки, образующие течи, и обеспечивать надежную связь герметика со сплавом отливки. Только при таких условиях возможно глубокое проникновение уплотняющего материала в сквозные каналы и формирование в них протяженных пробок, надежно закрывающих каналы течи, что определяется вязкостью материала и поверхностными явлениями по разделу металл–герметик–атмосфера. Чем ниже вязкость материала и меньше краевой угол смачивания, тем глубже состав проникает в поры отливки.

- Способность состава при полимеризации образовывать в пустотах плотные пробки, создающие высокоэффективную герметизацию отливок. Определяющие факторы – наибольший сухой остаток и минимальная усадка.

- Высокая прочность и эластичность пробок в капиллярных каналах, образованных герметиками, что создает высокую надежность при эксплуатации изделия. Это свойство определяется прочностью и пластичностью материала.

- Минимальная склонность к коррозии по разделу материал отливки–герметик–рабочая среда.

- Химическая стойкость при работе в агрессивных средах.

- Недефицитность и экономичность.

- Длительность сохранения свойств на стабильном уровне.

- Легкое удаление остатков материала с поверхности деталей.

- Способность служить ЛКП или грунтом для него.

- Возможность совмещения режимов полимеризации и термообработки.

- Безвредность или допустимый санитарными нормами уровень токсичности.

Исследовали эффективность перечисленных выше составов: КП-ГС-55, Анакрол-204, Анакрол-90, Анакрол-2501, Анакрол-2505, Анатерм-1у, Анатерм-ПК-80. Методом капиллярного всасывания и вакуум-давления пропитывали образцы из сплавов МЛ5, МЛ10 и АЛ9, ВАЛ10. Изучали технологические параметры процесса герметизации и способы удаления пропитывающего материала, обеспечивающие адгезию ЛКП к поверхности отливок и типичную коррозионную стойкость этих сплавов.

Пропитка методом вакуум-давления – наиболее эффективна благодаря тому, что создаваемое в автоклаве предварительное разрежение способствует более глубокому проникновению герметизирующего материала в поры отливки. Вместе с тем, уменьшается возможность искажения герметизирующей пробки в результате расширения воздуха при нагреве детали или образца во время полимеризации состава.

Для определения потенциальной возможности герметизации отливок и оценки эффективности пропитывающего материала проводили пропитку образцов и последующее их испытание на герметичность, тепловой ресурс, коррозионную стойкость и адгезию ЛКП.

Ресурсные испытания пропитанных образцов проведены на воздухе и в маслах Б-3В и ИПМ-10 при 150 и 200°С, соответственно, в течение 1000 ч, с периодическим (через 100 ч контролем герметичности).

Для исследования влияния предельных температур эксплуатации изделия на герметичность образцов, пропитанных исследуемыми составами разными методами, проведено термоциклирование (пять циклов по режиму: -60↔+250°С).

Влияние пропитывающих материалов на коррозионную стойкость сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9 и ВАЛ10 исследовали по ГОСТ 9.913 в камере солевого тумана, при постоянном распылении 5%-го раствора NaCl в течение 90 сут. (в сравнении с образцами без пропитки). Установлено, что коррозионная стойкость

сплавов в результате пропитки исследуемыми составами не ухудшается и соответствует типичной коррозионной стойкости указанных сплавов.

Адгезию ЛКП к поверхности образцов из сплавов МЛ5, МЛ10, АЛ9 и ВАЛ10 исследовали по ГОСТ 15140–78 методом параллельных надрезов, с применением липкой ленты. Образцы из сплавов МЛ5 и МЛ10, после хроматирования и пропитки исследуемыми составами, были окрашены: ЭП-076 (1 слой) + ЭП-104 (2 слоя) с последующей сушкой при 90°С в течение 3 ч, а образцы из сплавов АЛ9 и ВАЛ10, после анодирования и пропитки исследуемыми составами, были окрашены: ЭП-0215 (1 слой) + ЭП-104 (2 слоя) с последующей сушкой при 90°С 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.

В результате исследований разработана научно-техническая документация, которая является руководством по герметизации отливок из Al- и Mg-сплавов разными методами, в зависимости от величины пор и условий эксплуатации изделий. Исследованные перспективные пропиточные составы: компаунд пропиточный герметизирующий КП-ГС-55, композиция Анатерм-ПК-80, составы Анакрол-90, Анакрол-2501, Анакрол-2505, анаэробный клей-герметик Анакрол-204, герметик анаэробный универсальный Анатерм-1у, рекомендованы для устранения пористости в Mg- и Al-отливках, узлов агрегатов изделий авиа- и энергомашиностроения.