Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Кафедра «Инновационные технологии машиностроения»

Реферат

по дисциплине «Отливки из композитных материалов»

на тему: «Силы влияющие на получение литейных композиционных материалов.»

Выполнил:

Студент гр.ТЛП-18- 1бз

Ипатова А.Г

Проверил:

Старший преподаватель

Богомягков А. В.

Пермь, 2022

**Оглавление**

1. Введение 3

2. Получение литейных композиционных материалов. 3

3. Силы влияющие на получение литейных композиционных материалов. 4

3.1 Смачиваемость 4

3.2 Адгезия 6

3.3 Поверхностное натяжение жидкого связующего. 11

Список литературы: 13

**1. Введение**

Применение композиционных материалов в настоящее время ограничено высокой стоимостью, связанной в основном со сложностью процесса их получения. Такие технологии получения композиционных материалов, например, как порошковая металлургия, в основном многостадийные, длительные во времени и энергозатратные методы. Поэтому в последнее время внимание исследователей направлено на создание новых технологий, которые позволят сделать композиты более доступными материалами. К таким методам относятся **литейные технологии** получения композиционных материалов. Велики эффективность и доступность литейных технологий, которые дают возможность наиболее простым путем получать изделия сложной конфигурации с минимальной последующей обработкой либо вообще без нее. Литые композиционные материалы получают с помощью различных методов жидкофазного совмещения, когда отдельные элементы композита помещаются в расплав жидкого металла (сплава), который после затвердевания связывает композит в единое целое.

**2. Получение литейных композиционных материалов.**

С использованием литейных технологий композиционные материалы получают двумя способами:

* соединение твердой и жидкой фаз;
* соединение различных компонентов, находящихся в жидком состоянии.

Процесс соединения твердой и жидкой фаз осуществляется в следующем порядке:

* размещение (укладка, установка) армирующих элементов в полость литейной формы перед заливкой матричным расплавом;
* заливка в литейную форму гетерогенного матричного расплава, содержащего армирующие элементы, приготовленном в специальном агрегате (ковше);
* введение армирующих элементов в матричный расплав в процессе заливки его в кристаллизатор или литейную форму;
* сборка (намотка) армирующих элементов в присутствии жидкого матричного сплава.

В настоящее время промышленностью освоено большое количество композиционных материалов на основе технического алюминия и его сплавов (АМц, АМг6, АД1, Д16, САП и др.)

Взаимодействие волокон с матрицей должно обеспечивать высокую реализацию механических свойств волокон в армированном материале и его монолитность. Для этого необходимы:

* хорошая смачиваемость волокон матрицей (связующим);
* высокая адгезия между волокном и матрицей, характеризуемая сдвиговой прочностью на границе раздела волокно — матрица;
* отсутствие или минимальное изменение свойств волокон под влиянием компонентов матрицы;
* релаксация внутренних напряжений в элементарном объеме волокно — матрица при термообработке или под влиянием компонентов связующего и другие факторы.

**3. Силы влияющие на получение литейных композиционных материалов.**

**3.1 Смачиваемость**

Необходимым и очень важным этапом в изготовлении композиционных материалов является смачивание жидким связующим (адгезивом) поверхности волокна (субстрата). От характера смачивания во многом зависит качество поверхности раздела «адгезив-субстрат». Смачивание – явление, происходящее при контакте жидкости с поверхностью твердого тела. В зависимости от числа контактирующих фаз различают два случая смачивания – иммерсионное и контактное. В иммерсионном смачивании участвуют только две фазы – жидкость и твердое тело. Как правило, оно имеет место при смачивании порошков. При контактном смачивании наряду с жидкостью и твердым телом присутствует третья фаза – газ или другая жидкость.

Количественной характеристикой контактного смачивания является краевой угол [θ] = град – угол, вершина которого находится на периметре смачивания – линии контакта трех фаз (ЛТК), одна сторона принадлежит поверхности «твердое тело-смачивающая жидкость»,другая является касательной к поверхности смачивающей жидкости.

Краевые углы обычно измеряют с помощью горизонтального микроскопа с гониометрической приставкой, по фото- или видео- изображению, реже интерферометрически, методами капиллярного подъема или наклоняющейся пластинки. Для расчетов используют краевые углы капель радиуса 1÷2мм (объем 10÷20 мкл). При очень малых размерах капель необходимо учитывать зависимость γLV от размера капли. При очень больших размерах капли действие силы тяжести искажает значение краевого угла. Для

того, чтобы этого не происходило, должно соблюдаться условие r2<< a2 =2γLV/∆ρg , где r – радиус капли, a = – капиллярная постоянная, ∆ρ – разность плотностей жидкости и газа, g – ускорение свободного падения.

Величина равновесного краевого угла определяется законом Юнга:

cosθ = (γSV - γ**SL**) / γ LV

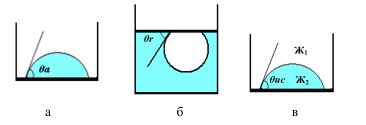
В зависимости от значений θ различают следующие случаи:

0 < θ < 90o (острый угол) – смачивание твердой поверхности жидкостью;

θ > 90 (тупой угол) – несмачивание или плохое смачивание;

θ → 0 (равновесный угол не устанавливается) – растекание.

При смачивании в среде газа различают краевые углы натекания θа и оттекания θr; θа устанавливается при нанесении капли жидкости на твердую поверхность (рис.1а), θr – при подведении пузырька воздуха к поверхности образца, погруженного в жидкость (рис 1б). Краевые углы избирательного смачивания θис формируются при контакте двух не смешивающихся жидкостей (чаще всего воды и углеводорода) с твердой поверхностью (рис.1 в)

Рис.1 Краевые углы смачивания

При формировании композиционных материалов необходимым условием хорошей адгезии волокна к связующему является смачивание жидким связующим поверхности волокна. Небольшое значение θ (в идеале θ→ 0) способствует тому, чтобы площадь контакта волокна и связующего была максимальна. Тем не менее, следует избегать быстрого растекания связующего по поверхности волокна, концентрация дефектов на которой, как правило,

высока. При достаточной глубине впадин на поверхности волокна и быстром распространении фронта жидкого связующего возможно запирание пузырьков воздуха в дефектах поверхности. Это может привести к возникновению дефектов на межфазной поверхности уже на самой начальной стадии формирования адгезионного соединения.

**3.2 Адгезия**

Известно несколько теорий адгезии. Каждая из них была разработана для

объяснения конкретных результатов физико-химических экспериментов по

измерению адгезионной прочности соединения «адгезив-субстрат» на

макрообразцах и изучению влияния на τо различных факторов.

**Механическая (микрореологическая) теория адгезии.**

Основателем механической теории адгезии является Мак-Бен. Согласно этой теории, адгезия осуществляется за счет затекания адгезива в поры или трещины на поверхности субстрата с последующим затвердеванием. При этом считается, что между адгезивом и субстратом образуются «заклепки», связывающие компоненты адгезионного соединения путем механического

заклинивания.

Таким образом, прочность адгезионного соединения определяется пористостью субстрата (включая форму пор) и прочностью пленки адгезива.

Механическое сцепление адгезива и субстрата, безусловно, играет существенную роль в обеспечении прочности адгезионного соединения, особенно если субстрат пронизан сеткой сквозных пор (ткань). Тем не менее, эта теория не объясняет адгезию непористых тел с гладкими поверхностями и не учитывает химическую природу и физико-химические свойства адгезива и субстрата. Основной вывод механической теории адгезии состоит в том, что увеличение площади контакта адгезива и субстрата приводит к увеличению прочности адгезионного соединения.

**Адсорбционная (молекулярная) теория адгезии**

Адсорбционная (или молекулярная) теория адгезии разработана Дебройном и Мак-Лареном. Эта теория определяет адгезию как результат взаимодействия между адгезивом и субстратом за счет межмолекулярных сил, т.е. как физическую адсорбцию. Основной вывод этой теории заключается в том, что высокая прочность адгезионного соединения достигается только в тех случаях, когда адгезив и субстрат обладают полярными функциональными группами. Это делает проблематичным объяснение адгезии между слабополярными и неполярными полимерами. Тем не менее, адсорбционная теория адгезии хорошо согласуется с представлениями о взаимосвязи адгезии и удельной свободной поверхностной энергией межфазных границ, величина которой определяется межмолекулярными

взаимодействиями в объеме контактирующих фаз.

**Химическая теория адгезии**

Теория рассматривает явление адгезии как результат химического взаимодействия компонентов адгезионного соединения. Следует отметить, что резкую границу между адгезией, обусловленной физическими силами, и адгезией, реализующейся за счет образования химических связей между адгезивом и субстратом, провести нельзя точно так же, как нельзя четко разграничить явления физической адсорбции и хемосорбции. Очевидно, что здесь нельзя вести речь о единой модели образования адгезионного соединения, поскольку каждый случай адгезии в рамках данной теории реализуется по индивидуальному механизму.

**Электрическая теория адгезии**

Электрическая теория адгезии предложена Дерягиным и Кротовой. Согласно этой теории, адгезия реализуется путем контактной электризации, имеющей место при тесном соприкосновении адгезива и субстрата. Адгезив и субстрат в адгезионном соединении отождествляются с обкладками электрического конденсатора, а процесс разъединения адгезива и субстрата – с раздвижением обкладок конденсатора. При этом между пластинами возникает разность потенциалов, которая растет с увеличением зазора между ними до наступления электрического разряда. При медленном разъединении адгезива и субстрата заряды успевают стечь с обкладок конденсатора, при высокой скорости разъединения высокая плотность заряда на обкладках конденсатора сохраняется вплоть до наступления разряда.

Следует отметить, что электрические явления, сопровождающие разрушение адгезионных соединений, наблюдаются лишь при определенных условиях эксперимента (абсолютно сухие образцы, большие скорости расслаивания). Кроме того, с точки зрения электрической теории адгезии, сближение химической природы адгезива и субстрата должно приводить к уменьшению контактной разности потенциалов, а, следовательно, и к снижению прочности адгезионного соединения. Этот тезис также не находит экспериментального подтверждения.

**Диффузионная теория адгезии**

Диффузионная теория, предложенная для объяснения адгезии полимеров, разработана Воюцким. С позиций этой теории адгезия обеспечивается посредством диффузии макромолекул или их сегментов через границу раздела «адгезив-субстрат» и образованием прочной связи между полимерами. Диффузия молекул одного полимера в другой есть ни что иное как растворение, которое приводит к исчезновению границы раздела фаз и образованию спайки между контактирующими телами (фазами). Таким образом, адгезия полимеров рассматривается как явление, затрагивающее не только поверхность раздела, но и достаточно широкие (порядка десятка мкм) слои контактирующих фаз и реализующееся посредством межмолекулярных сил.

Данная теория хорошо объясняет усиление адгезии при сближении химической природы компонентов. Однако экспериментальные данные, полученные в последнее время, свидетельствуют о необходимости рассмотрения процессов, происходящих именно вблизи межфазной границы «адгезив-субстрат». Для осуществления диффузионных процессов необходимо соблюдение двух условий: термодинамического, которое сводится к взаимной растворимости адгезива и субстрата и их совместимости, и кинетического, которое обеспечивается подвижностью макромолекул.

**Релаксационная теория адгезии**

Теория рассматривает процессы деформации, возникновение внутренних напряжений и их релаксацию в адгезиве при отделении пленок адгезива от поверхности субстрата. Следует отметить, что внутренние напряжения возникают в процессе формирования пленок адгезива и оказывают влияние на адгезионную прочность соединения «субстрат-адгезив».

Природа адгезионной связи при этом не меняется: возникает лишь условие для изменения адгезии путем уменьшения числа связей, приходящихся на единицу площади контакта адгезива и субстрата. Теория также учитывает возникновение и релаксацию внутренних напряжений в процессе эксплуатации материала, элементарной ячейкой которого является адгезионное соединение.

**Теория слабых граничных слоев**

Суть этой теории, разработанной Бикерманом, сводится к тому, что в зоне контакта адгезива и субстрата образуются «слабые» граничные слои с физико-химическими свойствами, отличными от свойств адгезива и субстрата, которые и определяют прочность адгезионного соединения.

Рассуждения, положенные в основу данной теории, основаны на том, что вероятность разрушения адгезионного соединения строго вдоль межфазной границы крайне мала. Из этого следует, что механизм разрушения может быть только когезионным и экспериментально определяемая сила, необходимая для разрушения адгезионного соединения, адгезионной прочностью не является, а следовательно сведений об истинной адгезии величина τо дать не может.

Представление о слабых граничных слоях занимает весьма важно для развития представлений о механизмах возникновения адгезионной прочности и разрушения адгезионных соединений: неотъемлемой частью большинства механических испытаний является контроль характера разрушения. Более того, при детальном рассмотрении некоторых межфазных явлений в полимерных системах обнаружено, что наряду с технологическими причинами возникновения слабых граничных слоев, существуют термодинамически обоснованные причины появления микрогетерогенности в поверхностных слоях, которые приводят, например, при контакте двух полимеров к образованию переходных областей, отличающихся по структуре и свойствам. Существенным плюсом данной теории является учет влияния среды, с которой контактирует адгезионное соединение.

Теория слабых граничных слоев почти не принимает во внимание химическую структуру адгезивов. Серьезной альтернативой этой теории является рассмотрение вопроса о локализации разрушений в элементарных ячейках волокнистых композитов.

Большинство из изложенных выше теорий адгезии по существу описывают разрушение адгезионных соединений. Ключом к пониманию именно явления адгезии является четкое разграничение двух процессов – формирования адгезионного соединения и его разрушения. Без контакта поверхностей адгезива и субстрата явление адгезии проявляться не может. Этот аргумент является обоснованием для рассмотрения адгезии с точки зрения физической химии поверхностных явлений.

**3.3 Поверхностное натяжение жидкого связующего.**

Существует большое число независимых методов определения поверхностного натяжения жидкого связующего.

Рассмотрим некоторые их них.

Метод уравновешивания пластинки или метод Вильгельми основан на измерении силы, необходимой для уравновешивания тонкой пластинки, погруженной в жидкость. При определении предпочтительно использовать пластинку из материала, хорошо смачивающегося исследуемой жидкостью сosθ → 0. Существуют несколько вариантов реализации этого метода, использующие различные экспериментальные условия (погружение, уравновешивание, отрыв пластинки).

Метод cталагмометрии основан на определении веса капли, отрывающейся под действием силы тяжести от плоской поверхности торцевого среза капилляра радиуса r.

Теоретической базой для многих методов служит уравнение Лапласа, описывающее поверхности раздела фаз, достаточно подвижные для образования равновесной формы (мениски, капли, пленки):

В рамках метода капиллярного поднятия величину γLV рассчитывают по формуле Жюрена для высоты капиллярного поднятия (опускания) H жидкости в капилляре круглого сечения радиуса rо. Использование капилляров, хорошо смачиваемых жидкостью, позволяет избежать дополнительных экспериментальных трудностей, связанных с измерением θ.

Метод максимального давления основан на измерении максимального значения капиллярного давления ΔPm= 2γLV/r, возникающего на срезе капилляра,

касающегося поверхности жидкости, пузырька воздуха сферической формы (r – радиус кривизны поверхности раздела фаз). Это значение определяется радиусом капилляра R: ΔPm максимально при R = r.

Метод часто используют как относительный.

Существует еще множество методов определения поверхностного натяжения, однако стоит заметить что все они описывают важность и эффективность регулирования удельной свободной поверхностной энергии различных межфазных границ и обеспечить высокую прочность соединения, а так же отсутствие или минимальное изменение свойств волокон под влиянием компонентов матрицы.

**Список литературы:**

* Композиционные материалы: строение, получение, применение: учебное пособие / А. А. Батаев, В.А. Батаев. Москва: Логос, 2006. 398 с.
* Композиционные материалы. Механика и технология / Ф. Мэттьюз, Р. Ролингс. Москва: Техносфера, 2004. 408 с.
* Адгезия и ее роль в обеспечении прочности полимерных композитов учебное пособие / Ю.Г. Богданова. Москва: МГУ им. М.В.Ломоносова, 2010. 68 с.
* Жидкофазные технологии получения композиционных материалов. Матрицы. Упрочнители учеб. Пособие / Л. А. Мальцева, В. А. Шарапова ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2013. — 120 с