

КЛАССИФИКАЦИЯ ПОРИСТОСТИ ОТЛИВОК

Как известно из курса химии, вода – это единственное жидкое вещество, которое расширяется при переходе в твердую фазу – замерзании. Для всех остальных жидкостей в нашем мире затвердевание означает уменьшение в объеме, или усадку.

Очень хотелось бы верить, что усадка является полезным свойством металлического сплава, ибо она ведет к повышению его плотности, однако это весьма далеко от действительности. При кристаллизации расплавленного металла его усадка приводит к внутренним раковинам, трещинам и пористости отливок. Пористость означает отсутствие газоплотности, т.е. деталь не сможет держать давление, что делает ее непригодной для применения в насосах, компрессорах, трубопроводной арматуре. На практике эффект усадки приводит к большому проценту брака, дополнительным издержкам на его исправление, претензиям от заказчиков, потерей репутации, а зачастую и потере бизнеса.

Брак, вызванный усадкой, является таким распространенным явлением, что многие производители стремятся уйти от литья, начиная изготавливать детали механической обработкой из цельных кусков металла, но обнаруживают, что это еще более затратный путь. Тем не менее сегодня уже есть простое и экономически весьма эффективное решение – пропитка пористых структур современными полимерными составами.

Проблемы пористости

Проектанты и технологи литейных производств прекрасно осведомлены о проблемах пористости и всегда стараются заложить в конструкцию детали и литейной оснастки решения, сводящие это отрицательное явление к минимуму. Однако ликвидировать усадку совсем невозможно, и пористость всегда присутствует в отливках, несмотря на все прилагаемые усилия.

Пористость также оказывает отрицательное воздействие на процессы нанесения декоративных покрытий, что далеко не всегда можно выявить сразу же. Детали теряют внешний вид или даже работоспособность уже будучи отгружены заказчику через значительные промежутки времени, что опять таки ведет к убыткам производителя.

История борьбы с пористостью.

Пористость отливок с давних лет была большой головной болью металлургов. Усилия, прилагаемые ими для избавления от пористости, традиционно сводились к регулированию самого процесса литья: температурам, формам, скорости плавки и т.п. Затем внимание переключилось на состав сплавов и на их чистоту, и металлурги стали тщательно искать материалы, уменьшающие степень пористости, исключая те компоненты, которые ее увеличивали.







Затем пришла пора совершенствования конструкции деталей: изменения толщин стенок, перераспределения масс, организации пустот и т.п. Одновременно обращалось внимание на места расположения литников, выпоров, были изобретены керамические фильтры. Эти усилия дали некоторые положительные результаты, однако совсем избавиться от пористости так и не удалось.

До настоящего времени многие, если не все, усилия литейщиков были направлены на, похоже, неразрешимую задачу: исключить пористость отливок полностью. Более практичным представляется следующий подход: если нельзя избежать какого-либо физического явления или процесса, надо научиться с ним жить. Для этого надо

классифицировать пористость по типам, а затем разработать способы ее герметизации в зависимости от функционального назначения детали: например, газоплотности, или хорошего внешнего вида. Оказалось, что обе эти проблемы решаются обработкой деталей современным пропиточным составом с последующей его полимеризацией.

Анализ пористости

При разработке способов герметизации пористости отливок прежде всего надо научиться классифицировать ее по типам. Ряд американских фирм, специализирующихся в этой области, предложил следующую простую схему, позволяющую приблизительно оценить различные способы пропитки и ее результаты.

Тип пористости				
Классификация пористости	Непрерывная	Слепая	Полностью замкнутая	
				
Микро	Сплошной проход через поры от одной стены до другой.	Нет видимой пористости на поверхности	Внутренние газовые трещины и раковины. Пористость характеризуется неравномерными размерами и расположена ближе к верхней части отливки.	
	Слабая точечная течь	Выход загрязнений на поверхность. Темное «мокрое пятно» Мехобработка может вскрыть поры		
	Метод пропитки A	Метод пропитки A		
	Ожидаемый результат 1	Ожидаемый результат 1		
<hr/>				
Микро/макро	Групповая пористость собранная в участки	Нет видимой пористости на поверхности, локализация темными пятнами		
	Групповая множественная течь небольшими каплями	Попадание в поры СОЖ и прочих жидкостей		
	Метод пропитки B	Метод пропитки B		
	Ожидаемый результат 1	Ожидаемый результат 2		
<hr/>				
Воронкообразная	Внешне заметная, однако одиночная в сечении	Видимая поверхностная язвенно-точечная		
	Медленная струйная течь	Обесцвечивание поверхности, групповая течь. Загрязнение поверхности		
	Метод пропитки B	Метод пропитки C		
	Ожидаемый результат 2	Ожидаемый результат 1		

Макро 	Большие видимые дефекты поверхности с включениями		Видимые поры на поверхности	
	Струйная течь		Обесцвечивание поверхности, струйная течь, загрязнение	
	Метод пропитки	С	Метод пропитки	С
	Ожидаемый результат	3	Ожидаемый результат	3

Метод пропитки

А) Стандартный процесс вакуум/давление

В) Усиленный процесс вакуум/давление

С) Усиленный процесс вакуум/давление с дополнительными процедурами

Ожидаемый результат

1) После пропитки протечки у менее, чем 1% деталей

2) После пропитки протечки у менее, чем 5% деталей

3) При использовании дополнительных процедур у менее, чем 5% деталей

В металлургии известны три основных типа пористости отливок – это непрерывная, слепая и полностью замкнутая пористость. Каждый из этих типов может быть представлен в четырех видах: микро-, микро/макро-, воронкообразная и макро- пористость. Из трех основных типов только непрерывная и слепая пористости приводят к немедленной отбраковке деталей, так как непрерывная препятствует газоплотности, а слепая – не обеспечивает качественного финишного покрытия. Оба этих типа легко устранимы пропиткой. В таблице приведены характеристики и рекомендации по исправлению дефектов.

Классификация пористости также позволяет выбрать тип и параметры пропиточного процесса. Так, например, микропористость с макропараметрами требует большей продолжительности избыточного давления, в то время как для макропористости рекомендовано уменьшение количества циклов промывки.

Помимо этого, классификация пористости может помочь принять решение о замене материала с целью улучшения качества отливки и получения лучшего результата после пропитки. Например, для отливок с большой воронкообразной пористостью может рекомендоваться технология предварительного ручного шпаклевания с последующей пропиткой методом сухого вакуума. Но такие рекомендации одновременно свидетельствуют, что у проектанта есть поле деятельности для совершенствования конструкции детали.

Технологам-литейщикам всегда присуще стремление полностью ликвидировать пористость, а если это невозможно, то хотя бы добиться пор как можно меньшего размера.

Однако опыт показывает, что такое стремление не всегда продуктивно. Очень мелкие поры могут потребовать долгого и дорогого процесса герметизации для восстановления газоплотности детали. Такая ситуация встречается, если мелкие поры не позволяют пропиточному составу проникать глубоко в тело детали.

Классификация пористости и виды пропитки

Довольно часто классификация пористости меняется при переходе от стадии к стадии в технологическом процессе обработки деталей. Например, испытания отливки сразу «из печи» показали отсутствие течи, из чего делается заключение, что пористость является

слепой. Однако, после механической обработки течь открылась, что показывает, что пористость стала непрерывной.

Могут проявиться и другие проблемы. Если отливка имеет усадочную пористость, то весьма вероятно, что при механической обработке СОЖ попадет внутрь пор. Если эту жидкость не удалить, то она может блокировать поступление пропиточного состава по порам внутрь тела детали, и результат пропитки будет далек от ожидаемого. Поэтому очистка и сушка деталей после мехобработки и перед пропиткой очень важна.

Пористость может влиять на качество отделочных операций, что тоже отражено в классификационной таблице. Например, детали сразу после анодирования или нанесения покрытия могут иметь вполне приемлемый вид, однако внутри их пор сохраняются остатки кислоты, использовавшейся при нанесении покрытия. Эта кислота через некоторое время даст отслоение покрытия, вздутия, раковины, иные дефекты поверхности. Пористость, способная дать такой дефект, классифицируется, как «слепая».

Эту проблему можно решить применением низкоэнергетических способов промывки деталей после пропитки. Этот способ промывки удаляет пропиточный состав только с поверхности деталей, но ни в коем случае не из пор. После полимеризации пропиточный состав образует границу, через которую остатки кислоты не могут выйти на поверхность и разрушить пленку покрытия. Аналогичным способом можно улучшить качество поверхности перед анодированием.

При наличии у отливки крупных дефектов (раковин и трещин) найти экономически оправданный способ их исправления весьма затруднительно. Тем не менее, некоторые подходы к этой задаче есть, особенно в случае крупных и весьма дорогостоящих отливок. Например, можно применить последовательно ручную шпатлевку трещин, пропиточный состав с высокой вязкостью и обычный пропиточный состав. Это гарантирует высокую вероятность успеха.

Наконец, таблица классификации пористости может оказать услугу инженерам для принятия решения о том, какой следует избрать метод испытаний на протечку для данных деталей. Некоторые ответственные детали должны подвергаться 100% испытаниям, однако зачастую такое требование избыточно.

Для принятия решения о необходимости испытаний большое значение имеет ожидаемая степень успеха. Когда эта степень высока (значение 1 в таблице) можно использовать статистическую процедуру испытаний. Когда эта степень низка, следует использовать более строгий метод испытаний. Аналогично, при использовании особых способов пропитки (В или С в таблице) испытания на протечку проводятся параллельно с пропиткой, что, впрочем, целесообразно лишь при небольших партиях.

При помощи современных пропиточных составов и гибкости технологических процессов становятся достижимыми результаты, о которых веками мечтали литейщики: герметичные отливки, способные работать при повышенном давлении, причем эти результаты достигаются при снижении производственных издержек за счет уменьшения процента брака.