

Основные направления утилизации гальваношламов в строительной индустрии следующие: производство строительной керамики (кирпича, керамзита, пористых наполнителей для бетона), производство бетонных и растворных смесей, получение пигментов и красок, производство стекла. Все эти способы недостаточно эффективны либо по экономическим показателям, либо по экологическим (со временем происходит разрушение материала и вымывание из него тяжелых металлов).

Одним из направлений в этой области, снижающим класс опасности до 4-го и 5-го, является химическая стабилизация (ферритизация) шламов. Ферритизированные шламы могут быть использованы как адсорбенты или утяжеляющая добавка при очистке сточных вод от ионов металлов, или же, с целью последующего использования, захоронены в открытом грунте.

Решению вопросов создания безотходных производств и организации замкнутых циклов использования материальных ресурсов должно быть уделено особое внимание. Важное место в рассматриваемой проблеме занимают жидкие отходы машиностроительных и металлургических предприятий – смазочно-охлаждающие жидкости. Ежегодно предприятиями черной металлургии сбрасывается около 700 млн. м<sup>3</sup>, машиностроения и металлообработки – 600 млн. м<sup>3</sup> отработанных СОЖ.

Практически все технологии обезвреживания СОЖ (отстаивание, флотация, центрифугирование, выпаривание) недостаточно эффективны. Это связано со стойкостью эмульсии, большим количеством химических соединений различного класса, механическими загрязнениями

Одним из наиболее перспективных направлений в решении указанной проблемы является создание комплекса установок по очистке и регенерации СОЖ, восстановлению отработанных масел и переработке металлосодержащих нефтешламов.

Кроме механических и физико-химических методов очистки нефтешламов, все большее значение приобретают биологические способы их утилизации.

Множество проблем охраны окружающей среды от загрязнений машиностроительных производств могут быть решены только комплексным подходом, в том числе законодательными актами и их исполнением.

Работа представлена на III общероссийскую конференцию «Новейшие технологические решения и оборудование», г. Кисловодск, 19-21 апреля 2005 г. Поступила в редакцию 23.03.2005 г.

### КАПСУЛИРОВАНИЕ МНГОВЫВОДНЫХ BGA МИКРОСХЕМ

Гераничев В.Н.

ФГУП СПб ОКБ «Электроавтоматика»,  
Санкт-Петербург

Интегральные микросхемы, характерной особенностью которых является наличие на нижней стороне корпуса матрицы выводов в виде шариков припоя (Ball Grid

Array), находят все большее применение в вычислительной и специальной электронной технике. Однако следует отметить наличие выраженного эффекта усталости паяных соединений, обусловленного малой площадью контактирования выводов BGA микросхемы с печатной платой, который в значительной степени определяет надежность печатных узлов и электронных модулей в целом. Несмотря на многообразие физических параметров, которые влияют на надежность паяных соединений, основным является рассогласование коэффициентов линейного теплового расширения (КЛТР) материалов, участвующих в образовании межсоединений, что в условиях циклических изменений температуры в процессе эксплуатации вызывает механические нагрузки на паяное соединение, которые через некоторое время приводят к появлению в нем микротрещин, их росту и в конечном итоге нарушению электрического контакта.

Одной из основных задач при производстве печатных узлов с применением BGA микросхем является обеспечение надежности их паяных соединений. Эффективным способом повышения механической прочности паяных соединений служит капсулирование, то есть создание монолитной структуры для системы *микросхема - шарик припоя - контактные площадки - печатная плата* путем заливки в пространство между микросхемой и платой строго дозированного количества специального компаунда - заполнителя или **Underfill (UF) - процесс** в англоязычной литературе. Традиционно UF-процесс был частью технологии монтажа Flip-Chip компонентов и применялся при установке кристаллов микросхем в корпусе CSP. При этом выводы в виде шариков припоя формируются непосредственно на контактных площадках кристалла в верхнем слое его металлизации и образуют с монтажной платой межсоединения чрезвычайно малых сечений, которые необходимо было дополнительно защищать от разрушающих воздействий. Интегрированная структура Flip-Chip микросхемы образуется после завершения процесса монтажа путем заливки заполнителя в пространство между кристаллом микросхемы и поверхностью подложки и обеспечения дополнительного нагрева для его полимеризации.

Большой интерес представляет применение капсулирования для широкого ряда компонентов, включая BGA и микроBGA. Главной причиной этого является то, что UF- процесс представляет собой эффективное средство долговременной защиты межсоединений при монтаже высоконадежной электронной техники для жестких условий эксплуатации. Помимо компенсации термо - механических напряжений заполнитель служит амортизатором для микросхем, испытывающих вибрации и ударные нагрузки, предохраняет от повреждений, связанных с изгибом печатных плат. Без заполнителя эти нагрузки будут полностью прикладываться к паяным соединениям, связывающим компонент и контактные площадки печатной платы. Влияние этих факторов возрастает с увеличением размеров микросхем. Были проведены опытные работы по капсулированию микросхем BGA с размерами корпуса 17x17мм и 23x23мм, имеющих, соответственно, 256 и 484 вывода. При разработке технологии этого процесса был учтен опыт работы с Flip-

Chip микросхемами. Задача состояла том, чтобы найти оптимальные условия для распространения материала под корпусом BGA, имеющих существенно большие размеры, чем CSP и Flip-Chip.

Определены основные факторы, от которых зависит качество UF-процесса:

1. Тип заполнителя.

В качестве UF- материала выбран однокомпонентный эпоксидосодержащий наполнитель капиллярного действия UnderFill Epoxy 623, фирмы AIM. Наполнитель обладает низким поверхностным натяжением, хорошей текучестью и адгезией к пластмассовому корпусу микросхемы и материалу платы FR4. Время полимеризации наполнителя составляет менее 5 минут при 150° С. Преимуществом эпоксидных композиций также является исключительно низкая усадка порядка 3%, что не создает напряженных состояний в наполнителе при его отверждении.

2. Предварительный подогрев платы.

Подогрев платы уменьшает вязкость используемого материала, сокращает время его прохождения через решетку шариковых выводов, что уменьшает вероятность образования воздушных полостей. Для наполнителя 623 температура предварительного нагрева платы составляет 40-50°С.

3. Процедура диспенсирования материала.

Процедура диспенсирования состоит из рабочих проходов иглы диспенсера по определенной траектории вблизи края компонента, во время которых к компоненту прикладывается основное количество UF-материала, и окончательного прохода иглы по всему периметру, в результате которого образуется мениск, выступающий за контур микросхемы и компенсирующий краевые напряжения. Определена оптимальная схема

движения иглы диспенсера при капсулировании.

4. Контроль количества заполнителя.

Необходимое количество заполнителя зависит от расстояния между платой и

нижней стороной компонента, числа и размеров шариковых выводов, может быть определено вычитанием из полного объема между микросхемой и платой объема всех шариковых выводов и контролируется в течение процедуры.

Для отработки процесса капсулирования использовались тестовые платы и корпуса микросхем фирмы Topline. Поток UF-материала формировался путем многократных прохождений иглы диспенсера по двум смежным сторонам микросхемы в направлении от вершины к периферии с постепенным увеличением амплитуды перемещений. Каждый следующий проход начинался после полного затекания UF-материала внутрь решетки шариковых выводов. Высота иглы над платой во время подачи наполнителя поддерживалась на уровне между верхней и нижней поверхностями компонента и расстояние от края компонента составляло 0.4-0.5мм. UF-процесс считался завершенным при появлении наполнителя по всей длине двух противоположных сторон по отношению к тем, вдоль которых осуществлялось диспенсирование и составил 20 минут для BGA-484 и 15 минут для BGA-256. Термообработка наполнителя проводилась в конвекционной печи при 150°С в течение 5 минут. Качество за-

полнения контролировалось визуально после удаления верхней части микросхем и вскрытия решетки шариковых выводов. Соблюдение разработанной технологии UF-процесса обеспечивает полное заполнение матрицы шариковых выводов без образования воздушных полостей под крупногабаритными микросхемами.

Работа представлена на III общероссийскую научную конференцию с международным участием «Новейшие технологические решения и оборудование», г. Кисловодск, 19-21 апреля 2005 г. Поступила в редакцию 25.03.2005 г.

### МЕТАСИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ЭКСПЕРТИЗЫ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Миронов С.В., Пищухин А.М.

*Оренбургский государственный университет,  
Оренбург*

Роль экспертизы опасных производственных объектов неизмеримо возросла с 2001 года после принятия соответствующего решения Правительством Российской Федерации.

Теперь экспертное обследование должно включать:

- экспериментальную проверку прочности металлической конструкции;
- диагностирование (инструментальный контроль) металлической конструкции;
- экспертную (расчетную или экспериментальную) оценку остаточного ресурса производственного объекта;
- разрешение о продлении срока эксплуатации с указанием даты проведения следующего экспертного обследования;
- разработку регламента технических освидетельствований, экспертных обследований и технического обслуживания на разрешенный дополнительный срок эксплуатации;
- оценку остаточной стоимости с учетом фактического технического состояния (для определения амортизационных отчислений).

Как видим экспертиза включает ряд довольно независимых друг от друга процедур (независимых именно в процедурном плане), количество которых может гибко меняться, а выполняться они могут как последовательно так и в большой степени параллельно. Это означает, что экспертизу можно рассматривать как метасистему нескольких процедур и для оптимизации ее функционирования необходимо ставить и решать шесть задач метасистемного подхода:

- выявление диапазонов эффективного применения той или иной процедуры;
- оценка и повышение необходимого уровня готовности процедуры к использованию;
- выявление и обеспечение сочетаемости, согласованного взаимодействия процедур;
- разработка стратегии переключения отдельных или групп одновременно выполняемых процедур;
- оптимальное перераспределение ограниченных общесистемных ресурсов;