

ПРОБЛЕМЫ "ОЗЕЛЕНЕНИЯ" ЭЛЕКТРОНИКИ

Мы тебя породили, мы тебя и уничтожим!

Производство изделий электронной техники, особенно полупроводниковых приборов, считается "чистым". Действительно, в сверхчистых помещениях со сверхчистыми материалами работают операторы в сверхчистой одежде. Но в среднем за один рабочий день только при производстве полупроводниковых приборов сливается более 15 млн. литров грязной воды и используются тысячи литров коррозионных веществ, таких как соляная и серная кислоты. Поэтому фирмы-производители электронной техники, по крайней мере прогрессивные и прагматичные, уделяют все больше внимания проблемам создания "экологически дружелюбных" технологий и изделий. И многие компании достигли значительных успехов, доказав, что "зеленая" продукция может быть привлекательна не только с точки зрения продвижения ее на рынок, но и с позиций сокращения издержек производства. Высказывается даже мнение, что в конечном счете промышленности все реже придется выбирать между соблюдением законов по охране окружающей среды и получением высоких прибылей. Но пока...

Европа впереди планеты всей. По оценкам Управления охраны окружающей среды США (EPA), 1% из 210 млн. тонн твердых отходов, собираемых ежегодно в стране, приходится на долю электронных изделий. Это — старые телевизоры, ПК, принтеры и другой устаревший высокотехнологичный скрап. И лишь незначительная часть этих отходов перерабатывается. Так, согласно отчету Национального совета безопасности США, в 2000 году было переработано только 11% списанных компьютеров (муниципального твердого скрапа — 28%). Вместе с тем объемы отходов электронной техники непрерывно растут: в Европе они ежегодно увеличиваются на 3–4%, против 1–2% для всех муниципальных отходов. Но дальше — хуже.



В. Майская

Проблема переработки отходов может серьезно обостриться, когда с появлением долго ожидаемого телевидения высокой четкости миллионы потребителей начнут выбрасывать старые телевизоры. Заметно сокращаются и сроки морального старения электронной аппаратуры: если в 1992 году компьютером пользовались в среднем четыре с половиной года, то к 2005 году компьютер будет морально устаревать уже через два года после приобретения. Появились сообщения о разработке сотовых телефонов "одноразового пользования" (после отработки 60 мин оплаченного времени их можно выбрасывать!). Приплюсуйте сокращение сроков разработки новых изделий электронной техники. Картина безрадостная.

Но рост объемов электронных отходов — лишь часть, и отнюдь не самая серьезная часть, проблемы. Все чаще экологи обращают внимание на наличие в отходах, пусть в незначительных количествах, токсичных веществ и загрязняющих окружающую среду тяжелых металлов (свинца, кадмия, сурьмы, бериллия, хрома, ртути). В 2000 году из 281 тыс. тонн муниципальных отходов, содержащих свинец, около 94 тыс. тонн, или 30%, представляли собой отходы электронной продукции. Сегодня электронные компании активно сокращают количество используемых токсичных веществ. Прекращено применение бериллия в объединительных платах, мышьяк в стеклянных колбах ЭЛТ заменен менее опасным сурьмянистым натрием, а сульфид цинка в люминофорных покрытиях ЭЛТ — сульфидом кадмия. Ускорен переход от токсичных никель-кадмиевых батарей к менее вредоносным ионным литиевым.

Но пока в мире не выработаны меры по защите окружающей среды, хотя в Европе и Японии предпринимаются активные действия в этом направлении. В июне 2000 года европейская комиссия одобрила последний проект давно обсуждаемой директивы по переработке устаревшего электронного и электротехнического оборудования (Waste Electrical and Electronic Equipment — WEEE), согласно которой производители оборудования должны нести расходы по его сбору, утилизации и ликвидации. Отдельный документ, входящий в директиву, предусматривает также прекращение применения множества вредных веществ, в первую очередь свинца, в электронной промышленности Европы к 2008 году*. Эти документы должны быть утверждены Европейским парламентом и Советом министров ЕС. Ожидается, что закон на их основе будет принят уже в 2002 году. Отдельные европейские государства, как уже Нидерланды, Швеция и Швейцария, могут принять на его основе еще более жесткие меры по переработке отходов, что затруднит выработку единых программ утилизации.

*В мае этого года Европейский парламент проголосовал за перенос этого срока на 2006 год, к великому неудовольствию американских и азиатских производителей электронных устройств.



В Японии с апреля 2001 года и на Тайване с 1998-го вступили в силу законы, предписывающие производителям электронной продукции принимать назад и утилизировать свои марки отслуживших компьютеров, телевизоров, холодильников, стиральных машин и кондиционеров.

Правительство США пока старается держаться в стороне от баталий за утилизацию отходов и исключение токсичных металлов из изделий электронной техники, и в ближайшем будущем можно не ожидать появления каких-либо федеральных документов, касающихся этих вопросов. Более того, в последний WEEE-проект внесен пункт, предоставляющий пятилетнюю отсрочку на оплату утилизации отслужившего оборудования. Снижены и квоты на утилизацию устаревших компьютерных (с 90 до 65%) и аудио-, видеосистем (с 70 до 50%). Но США вынуждены считаться с мерами охраны окружающей среды, принимаемыми в Европе и Японии*, и готовиться к решению проблем создания экологически чистой продукции. И дело не только в программах японских и европейских производителей, но и в развернутой разветвленной глобальной сети поставок, охватывающей многонациональные компании.

Поэтому в ряде штатов уже приняты законы, касающиеся переработки устаревшей электроники. Первым стал штат Нью-Гемпшир, где в июне 2000 года был принят закон, запрещающий производство изделий, содержащих ртуть. Но, пожалуй, самые агрессивные меры предприняты в штате Массачусетс, где с апреля этого года запрещено избавляться от любых материалов и элементов ЭЛТ путем их сжигания или включения в земляные покрытия. При этом штат не переложил ответственность за исполнение закона только на плечи производителей. На его территории действуют шесть центров по сбору отслуживших ЭЛТ и других электронных устройств, двум компаниям переданы права на утилизацию собранных отходов. Около одной трети собранного материала продается, передается в дар благотворительным организациям или хранится на складах. За утилизацию остального материала платит штат. В 2000 году Массачусетс затратил 200 тыс. долл. на эту программу.

Высокотехнологичные компании тоже не остаются в стороне, уделяя все больше внимания вопросам создания экологически дружественных изделий и опережая выполнение требований разрабатываемых директив. И как показал опыт многих из них, выпуск "зеленой" продукции может быть прибыльным. Так, в результате сертификации отгружаемых на американский рынок телевизоров фирмы Matsushita Electrical Industrial в соответствии с программой EnergyStar, проводимой Агентством защиты окружающей среды США с 1998 года, продажи телевизоров Panasonic гостиничным сетям США резко возросли. В Японии пользуется хорошим спросом и мини-дисковый плейер отделения, при сборке которого применяется бессвинцовый припой. Таким образом, создание "зеленых" изделий может привести и к увеличению доходов.

Существует множество путей "озеленения" электронной промышленности. Сегодня самыми приоритетными считаются отказ от применения токсичных материалов, утилизация устаревшей продукции и освоение энергосберегающих технологий.

Свинцовая проблема. Токсичные материалы, в конце концов, будут исключены из производств ИЭТ. Таково твердое мнение фирмы Sony. К таким материалам относятся тяжелые металлы – свинец (в ЭЛТ и паяных соединениях компонентов), кадмий (в батареях пи-

тания), сурьма (в средствах подавления пламени, герметиках и в припое стеклянных панелей ЭЛТ), бериллий (в соединителях сотовых телефонов и ПК ранних моделей), хром (в металлических покрытиях), ртуть (в малых количествах в индикаторных лампах плоских дисплеев). Самую большую озабоченность сегодня вызывает проблема отказа, частичного или полного, от применения свинца, содержание которого в ИЭТ намного больше, чем остальных тяжелых металлов. Решить эту проблему промышленность высоких технологий намерена в три этапа: сначала исключить свинец из электронных компонентов, затем из печатных плат и, наконец, из всех систем. Но отказ от применения свинца – удовольствие дорогостоящее, не говоря о том, что в ЭЛТ, на долю которых приходится 80% свинца, используемого в электронной промышленности, этот материал играет и положительную роль, защищая владельца от рентгеновского излучения.

Противники замены отмечают, что во-первых, пока не найдены приемлемые заменители материалов стандартного припоя – олова-свинца. Во-вторых, как правило, температура плавления предлагаемых для замены материалов выше, чем у традиционного припоя. И, наконец, отказ от применения свинца может вызвать эффект домино: переход к новому материалу потребует замены технологического, контрольно-измерительного и ремонтного оборудования. Только печь оплавления припоя, используемая при поверхностном монтаже компонентов на платы большой площади или с высокой плотностью элементов, стоит 200 – 300 тыс. долл. А предприятие может иметь до 200 линий поверхностного монтажа! Кроме того, переход на бессвинцовую технологию потребует интенсивного тестирования пассивных компонентов, ИС в малогабаритных корпусах и корпусах с матричным расположением шариковых выводов (BGA). И последнее, исключение свинца из припоя не решает проблему загрязнения им окружающей среды, поскольку свинец содержится и в материале выводов электронных компонентов и систем. К тому же, по данным некоторых научных исследований и государственных отчетов, свинец, используемый в печатных платах и при сборке схем, не представляет серьезной опасности для здоровья. Все это вызывает активное сопротивление, в основном американских производителей, замене свинца. По утверждению специалистов Института корпусирования электронных схем (IPC), доля свинца в межсоединениях электронных приборов не превышает 2% от всего объема потребляемого металла.

Пока американские изготовители обсуждают "pros" и "cons" (в основном "cons") отказа от применения свинца, три крупнейшие европейские фирмы – Infineon Technologies, Philips Semiconductors и STMicroelectronics объявили о проведении совместной программы исключения его из электронных компонентов. Основная цель программы, начатой в феврале 2001 года, – выработка стандартов и методологии оценки качества и безотказности изделий, изготовленных по альтернативным технологиям. Сегодня изучается множество комбинаций олова, серебра, меди, висмута, индия и цинка. Из них самый популярный – сплав олова-меди-серебра. Но пока надежность плат и систем, в которых используются новые припои, не определена. К тому же они дороже (олово-медь-серебро – в два раза) обычного припоя олово-свинец. Чтобы ускорить переход к бессвинцовой технологии, промышленности необходимо выработать общий подход к вопросам оценки надежности, теплового сопротивления и других параметров новых материалов, влияющих на безотказность работы электронных приборов. Они могут оказаться пригодными для бытовой техники, но совершенно неприемлемыми для серверов, маршрутизаторов, коммутаторов. Пока даже не достигнуто соглашения относительно того, каково может быть максимальное содержание свинца в изделиях, отвечающих требованиям бессвинцовой технологии. По мнению трех европейских производителей, в "зеленой" продукции содержание свинца не должно превышать 0,1%.

* По данным Союза электронных промышленников США – AEA, в 1999 году продажи изделий американских высокотехнологичных компаний в Японии составили 16 млрд. долл., в Великобритании – 11 млрд., в ФРГ – 9 млрд. и в Нидерландах – 7 млрд. долл. Есть о чем волноваться!

Стремление сохранить позиции на рынке заставляет и американских производителей активно изучать возможности отказа от применения свинца. Lucent Technologies исследует коммерчески приемлемый электрохимический процесс, который позволит заменить традиционный припой сплавами олова-серебра и олова-висмута. Изучает бессвинцовые припои и Motorola. На фирме ON Semiconductor создан бессвинцовый корпус для изделий, применяемых в автомобильной электронике, производство которого планируется освоить в 2002 году. Программа американского отделения фирмы Sony Electronics предусматривает не только изучение новых материалов, но и подготовку инженеров к решению вопросов охраны окружающей среды в ходе разработки изделий.

Но отказ от свинца — не единственная проблема, стоящая перед электронной промышленностью. В числе других важных задач — сокращение применения опасных коррозионных веществ, а также сокращение объемов сточной воды. Здесь интерес представляет модуль очистки пластин после операций фотолитографии DIO3 фирмы FSI International, в котором для удаления фоторезиста используется озонированная вода, а не серная кислота. По данным STMicroelectronics, за первые восемь месяцев работы этой системы фирме удалось сэкономить 24 тыс. литров серной кислоты. И дело не только в ее экономии — значительно сокращены затраты на очистку стоков после кислотной обработки. А ученые Лос-Аламосской лаборатории предлагают применять для удаления фоторезиста диоксид углерода при высоких температуре и давлении. Это, по их мнению, позволит не только исключить применение вредных для здоровья материалов, но и сократить потребление сверхчистой воды, необходимой для удаления растворителей. К тому же, процесс проводится в замкнутой системе, позволяющей повторно использовать диоксид углерода, не выпуская его в окружающую среду.

Утиль берем? Другая серьезная экологическая проблема — утилизация материала, в первую очередь пластмассы, устаревших и негодных изделий. Ежегодно в мире перерабатываются миллионы тонн пластмасс, в основном в виде бутылок из-под разнообразных напитков, но так называемые "технические" пластмассы, используемые в электронной промышленности, заканчивают свою "жизнь" в асфальтовых покрытиях или сжигаются. Утилизация отслужившей технической пластмассы стоит 30–100 долл. за тонну. При обращении к специализированным фирмам утилизации и переработки они могут быть еще выше. Это связано с трудностями и дороговизной очистки пластмасс от металлов и других примесей. Кроме того, затруднена идентификация и сортировка сложных смесей различных типов органических полимеров с разнообразными защитными покрытиями. И хотя многие компании хотели бы расширить применение переработанных пластмасс, пока получить такой материал с приемлемыми параметрами не легко. До сих пор единственной фирмой-переработчиком рассортированной технической пластмассы была Conigliaro Industries, на предприятиях которой пластмассовые корпуса компьютеров смешиваются с асфальтовым дорожным покрытием.

Но теперь, спасибо фирме MBA Polymers, ситуация может измениться. В 1999 году, после шестилетних исследований, фирма приступила к испытаниям экономически эффективного процесса восстановления технических пластмасс. Процесс начинается с измельчения компьютерных корпусов и прочих "останков" электронной техники. С помощью магнитов и различных сепараторов удаляются металлы. Воздушные потоки уносят из измельченной смеси пенопласт и другие легкие материалы. Далее следуют запатентованные фирмой операции сортировки, очистки, проверки и классификации оставшегося пластмассового материала. Ключевой блок — высокопроизводительная автоматизированная система тестирования, кон-

тролирующая получаемый материал на выходе и гарантирующая требуемое качество и параметры пластмассы. К концу 2000 года MBA Polymers освоила выпуск восстановленной пластмассы пяти марок. Этот материал она планирует продавать в виде таблеток по цене 35–70 центов за фунт (что на 70% дешевле "нового" материала). В ближайшее время будет введена в строй новая производственная линия, что позволит довести объем выпускаемой переработанной пластмассы до $14 \cdot 10^3$ т в год.

Фирма ожидает большого спроса на свою продукцию. И действительно, в приобретении переработанного материала заинтересованы такие гиганты, как Hewlett-Packard, Sony Electronics, IBM, располагающие и собственными мощными средствами переработки отслуживших изделий. Но, как указывает фирма Sony, для появления жизнеспособной промышленности переработки использованных материалов необходим высокий спрос на них. А чтобы спрос вырос, производители должны быть уверены в непрерывных поставках материала в требуемых объемах. Частично эту проблему замкнутого круга удалось решить фирме IBM, располагающей собственным перерабатывающим заводом, который ежегодно обрабатывает около 18 тыс. тонн отслуживших электронных компонентов. С 1999 года фирма выполняет все основные пластмассовые детали ПК из восстановленной пластмассы. Для облегчения переработки в компьютерах вместо винтов, там где это возможно, используются зажимы, петли и пазы. Все используемые пластмассы "маркированы", т.е. указан их тип. Вместо краски на металлические поверхности наносится порошковое покрытие, что сокращает количество используемых растворителей. Для экранировки применяются металлические вкладыши, а не металлизированные пасты. Обозначается местоположение батарей.

Таким образом, чем раньше промышленные фирмы осознают необходимость переработки устаревших изделий, тем прибыльней окажется такая переработка.

Не переработкой единой. Но переработка отслуживших изделий не единственный способ минимизации используемых компаниями ресурсов и борьбы с загрязнением окружающей среды. В последнее десятилетие лидер повторного использования своей продукции — фирма Xerox, которая начала проводить работы по восстановлению и повторному использованию картриджей еще в начале 60-х годов. В 1999 году благодаря восстановлению большинства копируемых установок и принтеров высших моделей, повторному использованию деталей и переработке материала ей удалось "спасти" почти 70 тыс. тонн оборудования и 800 тонн пластмассовых держателей тонеров и картриджей. При этом для гарантии соответствия параметров восстановленных установок принятым стандартам фирма проводит их полные испытания. Правда, восстанавливать целесообразно лишь дорогие изделия с длительным жизненным циклом.

Экономить, экономить и экономить! Вот еще одна важнейшая проблема создания экологически дружественных изделий. Конечно, принцип экономии электроэнергии не нов. Все развитие электроники основано на нем. Но он отнюдь не устарел. По данным экспертов, уже в 1998 году на сеть Интернет приходилось 8% общего энергопотребления Соединенных Штатов. Отсюда даже возник лозунг "Добывай больше угля — наступают ПК!", а фраза "Чем холоднее, тем лучше" стала крылатой. И здесь важную роль играют усилия по созданию экологически чистой продукции.

Это положение хорошо иллюстрирует опыт фирмы Hewlett-Packard, где в группу по разработке нового принтера входит так называемый "экологический распорядитель". Его задача — гарантировать минимальное потребление новым изделием энергии и бумаги, а также следить за сокращением применения в нем опасных для окружа-



щей среды материалов и облегчать их дальнейшую переработку. Даже после списания изделия такой специалист отвечает за материалы, использовавшиеся в принтере, и способы его демонтажа. И хотя большинство изменений, вносимых в конструкцию принтера, казалось бы, незначительны и малозаметны, получаемые в конечном итоге результаты внушительны: потребляемая мощность первого, выпущенного в 1996 году лазерного принтера 5si с производительностью 24 страниц/мин, составляла 125 Вт, а последней модели этого изделия LaserJet 4100 – всего 21 Вт. Важным достижением явилась и замена галогеновых ламп для напыления порошка керамическим нагревательным элементом, разработанным совместно с фирмой Canon и обеспечивающим нагрев порошка всего за несколько секунд. Эта замена позволила не только переводить принтеры в режим энергосбережения в нерабочем состоянии, но и повысить их надежность.

Один из основных способов энергосбережения – снижение потребляемой мощности электронных устройств, особенно телевизоров, в режиме покоя. Считается, что в развитых странах оборудование в режиме покоя потребляет около 2% общего количества расходуемой электроэнергии. По данным фирмы Sony, только телевизорам в отключенном состоянии требуется около 10 Вт (для питания ИК-приемника и микропроцессора). Вклад этого энергопотребления в углеродные выбросы в окружающую среду эквивалентен выбросам 24 млн. автомобилей. По оценкам экспертов Берклийской национальной лаборатории Лоуренса, на долю энергии, потребляемой бытовой техникой в режиме покоя, приходится 5% энергопотребления в коммунальном секторе США. Ежегодно это выливается в более чем 4 млрд. долл. Мощность, потребляемую в режиме покоя, считают аналитики лаборатории, можно снизить на 75% за счет применения более эффективных источников питания, чипов и программных средств. И это подтверждают работы фирмы Sony: с помощью небольшого дополнительного источника питания, включаемого в режиме покоя телевизора, ей удалось снизить мощность до 1 Вт и всего за 1 долл.

Другой крупнейший потребитель энергии – электрические моторы и двигатели. Только компрессоры холодильников потребляют около 10% вырабатываемой в мире электроэнергии. Эта проблема успешно решается не только за счет совершенствования двигателей, но и применения сложных электронных систем управления. Так, выпущенная недавно компанией Motorola серия встраиваемых микроконтроллеров и сигнальных процессоров позволяет снизить потребляемую бытовой техникой мощность на 50%. И не только. Увеличивается срок ее службы, а значит, сокращается объем перерабатываемого или уничтожаемого в земляных покрытиях материала. Продажи двигателей с электронной системой управления ежегодно удваиваются, но пока из мирового парка в 7 млрд. двигателей только 1 млрд. оснащены такими системами.

С ростом общественного интереса к проблемам сокращения потребляемой энергии вследствие непрерывного роста цен возникает и проблема энергии, потребляемой самими производителями электронных устройств. К счастью, здесь большую роль играют успехи микроэлектроники, благодаря которым размеры чипов непрерывно уменьшаются, а вместе с ними и объем потребляемых материалов. Если первая модель калькулятора, выпущенная компанией Sharp в 1964 году, занимала объем примерно $70 \cdot 10^3 \text{ см}^3$ и потребляла более 100 Вт, то в 80-е годы те же функции выполняла уже схема объемом всего в 3 см^3 , потребляющая несколько милливольт. За 20 лет показатель качества электронного калькулятора увеличился почти на 11 порядков! И это не предел для изделий электроники.

www.e-insit.net/eb-mag
Electronic Business, Nov. 2000
Semi Industry News 13/02/01
Computer, Apr. 2001.