

Натуральная древесина придает внутреннему пространству автомобиля оттенок роскоши (фото: Votteler)

Стойкость к царапанью и глубинный эффект – за один цикл

Комбинированная технология. Именно при оформлении внутреннего пространства автомобилей дизайнеры могут дать волю своей творческой фантазии и, тем самым, достойно ответить на эмоции покупателей. В частности, натуральная древесина придает интерьеру оттенок роскоши. Поставщики комплектующих для автомобилестроения в настоящее время занимаются вопросами экономичного изготовления высококачественных и устойчивых к внешним воздействиям деревянных декоративных элементов. Для решения этой проблемы впервые была применена комбинированная переработка термопласта, древесины и термореактивной композиции в одной производственной ячейке.

**Петер Эггер,
Вольфганг Новотны,
Геральд Шеффер и др.**

Строганая фанера толщиной примерно от 0,4 до 0,7 мм, изготовленная из натуральной древесины и сохраняющая природную структуру, служит исходным материалом, из которого компания

HIB – Trim Part Solutions Bruchsal GmbH & Co. KG изготавливает декоративные элементы для панелей приборов, средних консолей или дверей автомобилей (см. фото у заголовка и фото 1). Каждый лист фанеры является уникальным и сортируется специально обученными сотрудниками компании, которые маркируют пригодные для последующей обработки участки. При разрезании фанеры особое внимание уделяют тому, чтобы в наиболее полной мере использовать текстуру древесины для изготовления



Фото 1. Технология clearmelt позволяет экономично изготавливать декоративные изделия из натуральной древесины (фото: Votteler)

Egger P., Fischer M., Fuereder F., Kapfensteiner H., Nowotny W., Lang M., Schoefer G. Kratzfester Tiefeneffekt in einem Schritt // Kunststoffe 101 (2011) 6. S. 39–43.



Фото 2. Технология clearmelt обеспечивает широкие возможности декорирования изделий независимо от того, идет ли речь о придании глубоких эффектов (слева) или об изготовлении декоративных деталей из натуральной древесины с интегрированными функциями (фото: Schoefer)

соответствующего изделия. Только глубокое понимание свойств такого природного материала, как древесина, позволяет при изготовлении изделий большой площади обеспечить неразличимое посторонними зрителями соединение нескольких листов фанеры с целью последующего формования из них пространственно криволинейных поверхностей.

Для одностадийного соединения подобных декоративных элементов с подложкой из термопласта и нанесения защищающего их поверхность от внешних воздействий прозрачного полиуретанового покрытия компания ENGEL Austria GmbH разработала и впервые продемонстрировала на своем симпозиуме в мае 2009 г. под названием clearmelt комбинацию литевой машины с установкой для получения полиуретана (для краткости – ПУР-установкой). В процессе демонстрации изготавливались декоративные элементы для облицовки внутренней стороны двери автомобиля (фото 2). В качестве партнера для изготовления технологической оснастки и переработки была привлечена компания Schoefer GmbH (г. Швертберг, Австрия), а в роли эксклюзивного партнера по технологии переработки полиуретана (ПУ) при реализации проекта выступила компания Hennecke GmbH (г. Санкт-Аугустин). Необходимые материалы были поставлены компаниями Bayer MaterialScience AG (г. Лeverкузен) и Votteler Lackfabrik GmbH & Co. KG (г. Корнталь-Мюнхинген).

Не просто защитный слой

Полиуретановый слой выполняет одновременно несколько функций. Основной из них является защита высококачественной поверхности изделия как от воздействия химических веществ (например, солнцезащитных кремов и парфюмерии), так и от механических повреждений часами, кольцами, авторучками или ногтями водителя или пассажира. Важными другими его функциями являются создание блестящей поверхности и придание благородного глубинного эффекта даже при небольшой толщине покрытия.

В настоящее время существуют различные способы нанесения на изделия прозрачного и высококачественного с оптической точки зрения защитного покрытия.

Лакирование. Самым простым способом является лакирование поверхности – несмотря на то что перед ручным или автоматизированным нанесением слоя лака из ненасыщенного полиэфирного состава полимерная подложка изделия должна быть подвергнута многоступенчатому процессу обезжиривания и очистки. Зачастую лакирование приходится осуществлять в несколько стадий, так как эффект глубины появляется только при толщине слоя покрытия, равной примерно 0,5 мм и более. Паузы между операциями нанесения отдельных слоев лака, необходимые для закрепления предыдущего слоя, обуславливают значительную продолжительность процесса лакирования в целом. Как правило, время каждого промежуточного гелеобразования со-

ставляет около 20 мин. В общей сложности процесс многослойного лакирования продолжается около 3 ч. К этому следует добавить стадию окончательного отверждения лака, продолжающуюся около 72 ч. Только после этого размеры изготовленного с запасом по толщине изделия могут быть доведены до требуемых значений путем шлифования и полирования. К числу других недостатков этого способа относятся высокая вероятность образования брака и неизбежный перерасход лака при напылении. Преимуществом способа является возможность обработки изделий с самыми различными геометрическими характеристиками.

Технология clearRIM. Этот, условно одностадийный, способ образования покрытия требуемой толщины заключается в том, что полимерная подложка изделия помещается в гнездо формы, превосходящее подложку по своим размерам, после чего свободное пространство гнезда заполняется реакционноспособной уретановой композицией. Эта технология получила название clearRIM. Процесс нанесения и отверждения полиуретанового покрытия с образованием его сетчатой структуры продолжается всего 2–3 мин. Примерно через 24 ч после этого изделие может быть подвергнуто дальнейшей обработке. При этом процесс шлифования не требуется. Остатки вещества разделительного слоя удаляются при полировании изделия. Технология clearRIM наряду с экономией времени обеспечивает и ряд других преимуществ по сравнению с многослойным лакированием. В первую очередь, следует отметить более эффективное использование исходных материалов, так как практически полностью исключается их перерасход и образуется только минимальное количество отходов в виде приливов и в процессе вентилирования формы. Кроме того, качество поверхности изготавливаемого изделия можно в значительной степени регулировать за счет использования форм с соответствующими характеристиками. Недостатком технологии clearRIM является сохраняющаяся много-

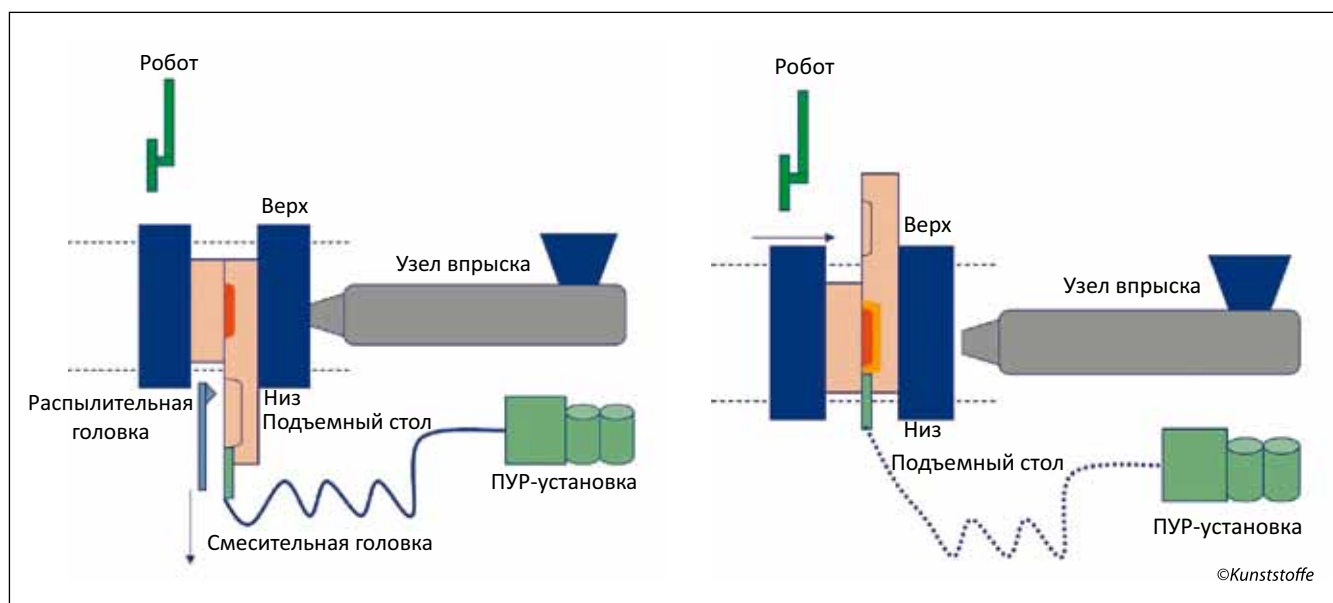
ступенчатость процесса производства изделий: необходимо предварительно изготовить полимерную подложку изделия, хранить ее в течение определенного времени и затем транспортировать к ПУР-установке. Кроме того, полимерные подложки изделий, имеющие, например, многочисленные ребра жесткости и резьбовые элементы, с трудом устанавливаются в форму ПУР-установки, что в отдельных случаях приводит к образованию дефектных участков.

Многокомпонентное литье под давлением. Применение технологии многокомпонентного литья под давлением вообще устраняет необходимость извлечения изделия из формы, как в предыдущем случае. Одновременно исключаются операции, связанные с хранением и транспортировкой полимерных заготовок. Процесс изготовления изделия реализуется от начала до конца в одной производственной ячейке. Типичными материалами для изготовления полимерной подложки изделия являются поликарбонат (ПК) в сочетании с АБС-пластиком, а также армированные стеклянными волокнами сополимеры стирола и акрилонитрила. В качестве про-

зрачных компонентов используются, главным образом, полиметилметакрилат (ПММА) и ПК. По сравнению с переработкой ПУ, сопровождающейся химической реакцией, время цикла может быть сокращено примерно до 1 мин, так как процесс протекает параллельно в двух зонах, а требуемая продолжительность затвердевания соответствует обычному времени охлаждения термопластичных полимерных материалов (ПМ). В дополнение к этому значительно упрощается вторичная переработка – опять же благодаря тому, что в технологическом процессе применяются исключительно термопластичные ПМ. Однако, из-за высокой вязкости расплава приходится мириться с увеличенной толщиной наносимого покрытия и искать возможности уменьшения длины путей течения расплава для гарантированного заполнения формы в процессе впрыска. В отдельных случаях стойкость ПММА к царапанью может оказываться недостаточной, и изделие приходится подвергать дополнительному лакированию. Высокие температуры переработки термопластичных ПМ могут приводить к некоторым изменениям цветовой гаммы в слу-



Фото 3. В составе производственной ячейки объединены литьевая машина и система подготовки уретановой композиции, работающая под высоким давлением. Специализирующаяся в области переработки ПУ компания Henneske является эксклюзивным партнером компании ENGEL при реализации проекта (фото: ENGEL)



В рамках одноступенчатого технологического процесса сначала осуществляется изготовление основы изделия из термопластичного ПМ (слева), на которую затем наносится полиуретановое покрытие (справа) (рисунок: ENGEL)

чае использования светлых декоративных элементов из натуральной древесины. Это также является нежелательным эффектом.

Все три рассмотренные выше технологии имеют свои преимущества и недостатки. Поэтому при

разработке технологии clearmelt в качестве своей основной задачи компания ENGEL поставила объединение преимуществ реакционноспособных систем, перерабатываемых многоступенчатым способом, с высокой эффективностью

однотактного многокомпонентного процесса литья термопластов под давлением. При переработке прозрачных материалов предстояло добиться того же, что уже было достигнуто при использовании цветных вспененных ПУ.

Литьевые формы с уплотнителями нового типа

Комплексная производственная ячейка (фото 3) включает в себя литьевую машину с роботом-манипулятором и систему подготовки ПУ. После закрывания литьевой формы, в которую предварительно может быть помещена декоративная пленка или заготовка из фанеры, осуществляется впрыск в форму расплава термопластичного ПМ. При окончании периода охлаждения в специальную полость для полиуретанового покрытия впрыскивается разделительное средство. Подъемный стол перемещается вверх, после чего в образовавшееся между ранее отформованной заготовкой и полиуретановой матрицей пространство впрыскивается реакционноспособная уретановая композиция (см. рисунок).

Антиадгезионное разделительное средство требуется для предотвращения прилипания ПУ к стальной поверхности формы и для облегчения извлечения готового изделия. Время цикла определяется в основном продолжительностью процесса отверждения ПУ, которая при изготовлении декоративных облицовочных элементов составляет 80–90 с. В зависимости от свойств используемых исходных материалов и предъявляемых к готовым изделиям требований при использовании новейших достижений в области переработки ПУ продолжительность процесса отверждения ПУ удастся снизить даже до 40 с. Это означает резкое повышение эффективности по сравнению с традиционной технологией многоступенчатого лакирования. При последующей обработке изделий разделительное средство удаляется с них в процессе полирования поверхности. На прозрачных элементах дополнительно должны быть выполнены фрезерованные уплотнительные кромки. Поскольку ПУ образуется непосредственно в оформляющем гнезде формы в результате реакции взаимодействия многоатомного спирта и изоцианата, которые обладают почти такой же текучестью, как вода, наносимые на изделие покрытия могут иметь очень малую толщину.

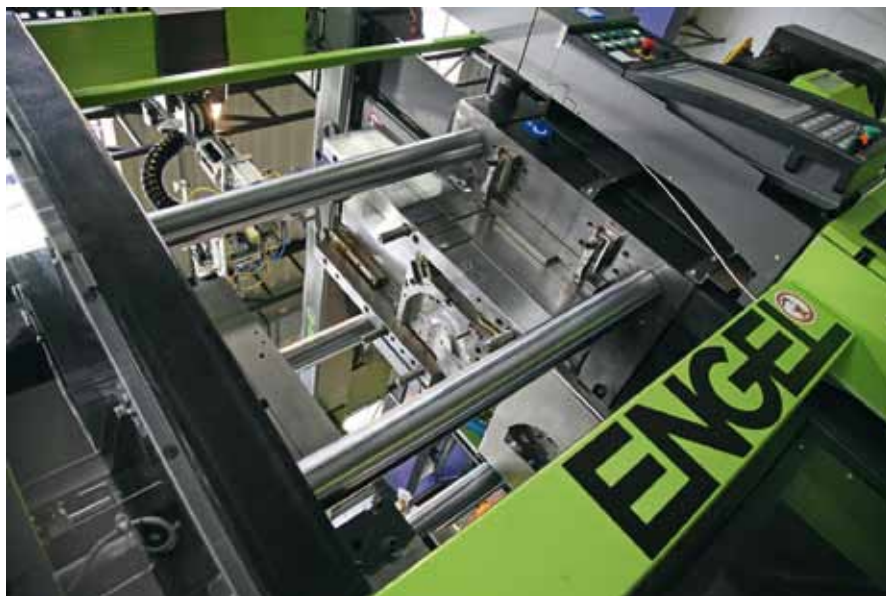


Фото 4. Необходимость одноступенчатой переработки двух компонентов, резко различающихся по своим свойствам, предъявляет особенно высокие требования к изготовителям литьевых форм (фото: ENGEL)

Технология обеспечивает возможность выполнения двух совершенно разных технологических процессов в одной и той же литьевой форме. С одной стороны, речь идет о формовании подложки из термопластичных ПМ, которые, несмотря на высокие температуры переработки, превышающие 200 °С, обладают, как правило, высокой вязкостью расплава и требуют применения значительного давления для заполнения оформляющего гнезда формы. С другой стороны, имеются в виду две смешивающиеся непосредственно перед подачей в форму жидкости (исходные компоненты ПУ), которые, несмотря на достаточно низкую температуру (ниже 200 °С), характеризуются сравнительно низкой вязкостью. Даже в тех случаях, когда речь идет о технологии переработки ПУ под высоким давлением, величина давления впрыска изоцианата и многоатомного спирта имеет значительно более низкое значение, чем давление впрыска расплава термопластичного ПМ. Компания Schoefer разработала новый вид уплотнителя для литьевой формы, который позволяет свести к минимуму необходимость в дополнительной механической обработке изготавливаемых изделий. При сложных конфигурациях линий раздела частей формы обычно используемые производителями литьевых форм способы их

подгонки друг к другу оказываются неэффективными (фото 4).

Таким образом, литьевая форма должна быть приспособлена к работе при различной величине давления и к относительно продолжительному времени протекания реакции. При невысокой производительности, конструкции с подъемными столиками являются достаточно экономичными. В то же время при повышенной производительности целесообразно процесс изготовления полимерной подложки изделий выполнять параллельно с нанесением полиуретанового покрытия на эти изделия на второй станции обработки. Для этой цели могут быть использованы литьевые машины с поворотными плитами, как и при двухкомпонентном литье под давлением. В зависимости от количества наносимого на изделия ПУ система для его подготовки может быть соединена с несколькими производственными установками. В результате всестороннего анализа возможностей встраивания смесительных головок для ПУ и необходимых перепускных устройств компания Schoefer нашла весьма компактное решение.

Дополнительное повышение стойкости к царапанью

К используемым для нанесения на подложку лакам предъявляются высокие требования не толь-



ко в отношении их прозрачности и блеска, но и с точки зрения их светостойкости. Компания Votteler предлагает два поколения своих полиуретановых систем марки Puriflow. Все они пригодны для нанесения покрытий как на пленки, так и на изделия из фанеры. Кроме того, эти системы успешно выдерживают все проводимые крупными автомобилестроительными компаниями испытания на устойчивость к различным воздействиям, в том числе к изменениям климатических условий и свету. Полиуретановые системы первого поколения серийно используются компаниями BMW, Audi и VW.

Полиуретановые системы нового поколения характеризуются еще более высокой стойкостью к царапанию. Этот показатель в настоящее время оценивается двумя методами. Использование прибора Crockmeter или метод Martindale предусматривает моделирование процесса протирания поверхности салфеткой с последующей оцен-

кой образующихся микротрещин. В этом отношении полиуретановые покрытия Puriflow обладают эффектом самовосстановления, проявляющимся при повышенной температуре. С помощью же испытательных стержней Erichsen проверяется стойкость изделия к образованию одиночных царапин, которые могут появляться в процессе эксплуатации в результате воздействия колец, ключей или ногтей.

Наряду с этим высокие требования предъявляются и к термопластичным ПМ. Так как покрытие является прозрачным, поверхность изделия должна быть высококачественной. Это требование является особенно актуальным в тех случаях, когда покрытие наносится непосредственно на подложку – без использования пленки или фанеры. Наиболее высокие требования предъявляются к изделиям светлых тонов с эффектом глубины.

Применение результатов новейших разработок позволяет

увеличить прочность адгезионного взаимодействия термопластичных ПМ и ПУ. Покрытия на некоторые виды материалов (например, на изделия из полипропилена) можно наносить только после активирования их поверхности путем обработки пламенем или коронным разрядом. В случае некоторых комбинаций материалов приходится уделять внимание также обеспечению оптимального соответствия пленки и полиуретановой композиции. Далеко вперед продвинулось развитие технологии нанесения покрытий на поверхности изделий из натуральной древесины, так как в этой области можно использовать опыт, накопленный при реализации многоступенчатых процессов. При обработке светлых декоративных поверхностей древесины нанесение полиуретанового покрытия обеспечивает определенные преимущества, так как позволяет исключить изменение их цвета, наблюдающееся, в частности, при

высокотемпературной обработке расплавами термопластов.

Перспективы: кабина без кнопок и переключателей

Разработчики новых видов продукции переключают свое внимание на интегрирование функций в пленках с подложками из ПМ (фото 5). Первые образцы таких изделий компания ENGEL продемонстрировала при проведении своего симпозиума. При изготовлении этих изделий использовались пленки (производитель – компания plastic electronic GmbH, г. Линц, Австрия) с нанесенными на них методом печати емкостными переключателями. Через специальный разъем изделия подключались к персональному компьютеру, после чего путем легкого касания поверхности изделия можно было демонстрировать на экране монитора различные функции. Имеются положительные разработки также в области размещения аналогичных переключателей под слоем фанеры. Для изготовления таких изделий фанерная заготовка помещается в литьевую форму, где на нее наносится слой термопластичного ПМ, который затем соединяется с пленкой, содержащей емкостные элементы. Весь этот процесс может быть реализован в одной литьевой форме одностадийным способом.

Благодаря этим разработкам, кабина без кнопок и переключателей с электролюминесцентной подсветкой уже не представляется недостижимо отдаленной перспективой. Элементы управления в будущем вполне могут быть интегрированы в тонкие декоративные детали – как прозрачные, так и непрозрачные. При этом они будут надежно и постоянно защищены полиуретановым покрытием. Прозрачные материалы допускают также возможность передачи оптических сигналов с помощью светодиодов.

Потенциальные возможности этой технологии необъятны и во все не ограничиваются исключительно автомобилестроением. Они открывают широчайшие возможности разнообразного дизайнерского оформления бытовых приборов



Фото 5. Очередным шагом должно стать интегрирование функций в пленках с подложками. Это открывает широкие потенциальные возможности для совершенствования бытовой техники и электроники для индустрии развлечений (фото: plastic electronic)

и изделий электроники для развлечений. В этих областях в перспективе важную роль будут играть также звукопоглощающие и самовосстанавливающиеся поверхности.

В области производства литьевых форм в настоящее время внимание разработчиков направлено на разработку все более сложных конструкций, в том числе с подвижными частями форм. Кроме того, прослеживается стремление к дальнейшему повышению экономичности технологических процессов. В частности, проводятся работы по созданию долговременных покрытий для литьевых форм, которые позволили бы в скором времени отказаться от применения разделительных средств.

Заключение

Технология clearmelt, основанная на объединении нескольких процессов, позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели по сравнению с традиционными технологиями – такими как многослойное лакирование, многоступенчатый clearRIM-процесс и многокомпонентное литье под давлением. Капиталовложения в работающее по технологии clearmelt оборудование несколько выше, чем, например, в оборудование для многокомпонентного литья под давлением, а затраты на материалы, наоборот, ниже. С учетом этих

факторов решающим условием для выбора той или иной технологии становится требуемая производительность оборудования. Повышенный интерес к новой технологии объясняется и тем, что одна система для подготовки полиуретана может обслуживать несколько литьевых машин. Такая возможность обеспечивается благодаря тому, что подача реакционноспособной смеси многоатомного спирта и изоцианата в литьевую форму продолжается всего несколько секунд и занимает весьма незначительную часть общего времени цикла. Кроме того, комбинирование термопластичных ПМ и полиуретана позволяет изготавливать изделия с высококачественной, стойкой к царапанью поверхностью и минимальной толщиной покрытия.

Перевод А. П. Сергеевкова

Scratchproof Depth Effect in One Step

P. Egger, M. Fischer, F. Fuereder, H. Kapfensteiner, W. Nowotny, M. Lang, G. Schoefer

SURFACE TECHNOLOGY. Particular in motor vehicle interiors, designers can give free rein to their creativity in order to serve the emotions of the car buyer. Fine woods, for example, impart a touch of luxury. One automotive industry supplier is now working on the low-cost production of high-quality, resistant decorative wood parts by combining for the first time thermoplastics processing with reactive and wood processing in a single manufacturing cell.