

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗМЕНЕННЫХ ИЛИ УНИЧТОЖЕННЫХ МАРКИРОВОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ НА ИЗДЕЛИЯХ ИЗ УДАРОПРОЧНОГО ПОЛИСТИРОЛА

УДК 343.983

РАЙГОРОДСКИЙ Владимир Михайлович, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Работа посвящена оптимизации процесса восстановления измененных или уничтоженных маркировочных обозначений на ударопрочном полистироле. По результатам работы установлены оптимальные режимы проведения процесса, подобраны химические травители, время проведения процесса, особенности фотофиксации выявленных обозначений, позволяющие получать качественные и воспроизводимые результаты восстановления маркировочных обозначений.

Введение. Полистирол относится к группе синтетических полимеров класса термопластов. Получение полистирола возможно тремя способами: эмульсионным, суспензионным и блочным. Наибольшее распространение получил последний, при котором происходит постадийная полимеризация стирола в среде бензола. Окончанием реакции считается превращение стирола в полистирол до 80-90 масс. %.

Полистирол легко формируется и окрашивается, просто обрабатывается механическими способами, хорошо склеивается, он обладает высокой влаго- и морозостойкостью, низким влагопоглощением.

На сегодняшний день полистирол применяют в основном при изготовлении корпусов и внутренних поверхностей различных бытовых приборов, таких как холодильники, морозильники, посудомоечные машины. Из этого материала изготавливают корпуса кухонных комбайнов, электромясорубок и прочих бытовых приборов. При этом используют такие свойства полистирола, как стойкость к воздействию холода, воды, механическим воздействиям, к воздействиям биологических организмов и минимальную токсичность. В автомобилестроении чистый полистирол не используется, однако, здесь широкое применение нашли сополимеры стирола – АБС-тройной сополимер акрилонитрилбутадиена и стирола.

На корпусах приборов в обязательном порядке наносят маркировочные обозначения, указывающие завод-изготовитель, серию, марку прибора, дату его изготовления и прочие данные, позволяющие установить происхождение устройства. На корпусах бытовых приборов эти данные указывают на лицевой стороне, на деталях автомобилей – на оборотной стороне изделия.

Удаление или изменение маркировочных обозначений может производиться по различным причинам, основная из которых – сокрытие факта мошенничества. Для установления данного факта назначается криминалистическое исследование либо судебная экспертиза восстановления измененных или уничтоженных маркировочных обоз-

начений. Возможности такого исследования во многом зависят от способа нанесения и удаления маркировочных обозначений.

Нанесение маркировочных обозначений на изделия может производиться различными способами, которые были описаны нами ранее [4, 5, 7]. Среди всех известных способов для пластмасс в основном используют горячую и холодную штамповку. Горячая штамповка обычно применяется в процессе изготовления самого изделия, холодная – на готовом изделии.

Нанесение маркировочных обозначений штамповкой может осуществляться механизированным способом и вручную. В последнем случае роль пуансона выполняет клеймо, удар по которому наносят молотком.

При давлении пуансона или клейма в месте воздействия происходит деформация материала; на изделиях из пластмасс это приводит к уплотнению последней. Для полимеров также характерны разрывы полимерных цепей (механодеструкция). Невидимые границы этих участков также повторяют очертания удаленных маркировочных обозначений [4, 7].

Поэтому если произвести удаление слоя материала с целью уничтожения маркировочного обозначения даже на всю его глубину, остаются нижележащие слои с повышенной плотностью материала, механодеструкцией, которые играют роль информативного слоя, позволяющего восстановить первоначальные маркировочные обозначения.

Уничтожение первичной маркировки может производиться различными способами, которые для полимерных материалов в основном сводятся к механическим: с помощью наждачного круга, напильника, шлифовальных материалов, в т.ч. закрепленных в различные приспособления. При любом способе удаления на объекте остаются следы механического воздействия, позволяющие установить как сам факт удаления, так и способ, используемый при этом.

Изменение маркировочных обозначений может также производиться различными способами [2, 4, 7]:





удаление старой маркировки с нанесением на это место новой;

добивкой недостающих элементов новой маркировки без удаления старой (например, изменение цифр «1» на «4», «3» на «8», «5» на «6» и т.д.);

добивкой элементов новой маркировки с удалением отдельных элементов старой маркировки.

Каждому способу удаления соответствует своя картина расположения следов от применяемых инструментов. Например, для удаления, производимого шлифовкой абразивным инструментом, характерно наличие отдельных трасс – рисок. Форма и размеры рисок отображают форму и размеры режущих кромок зерен абразива, а расстояние между отдельными рисками определяется расположением зерен в инструменте. При ручном шлифовании с помощью напильника или наждачной бумаги трассы расположены в различных направлениях. Для удаления на шлифовальной станке характерно параллельное расположение трасс, направление которых повторяет движение абразивного инструмента. Аналогичная картина наблюдается при шлифовании на наждачном круге.

Глубина трасс, образованных при механическом удалении маркировочных обозначений на изделиях из пластмасс, больше, чем на изделиях из металлов, также наблюдается расплавление материала из-за повышения температуры в местах соприкосновения с слеодообразующим объектом в основном наждачными и абразивными кругами, наблюдаемыми с той стороны, куда направлено движение инструмента.

Методика исследований. Восстановление маркировочных обозначений может быть произведено различными методами, которые условно можно разделить на физические и химические [2, 4, 5, 7]. Среди всех известных методов для полимерных материалов наиболее подходящим и легко реализуемым является химическое травление. Травителями в данном случае могут служить органические растворители, такие как спирт, дихлорэтан, трихлорэтилен, бензол, толуол и т.д. Восстановление обозначений при этом возможно за счет различия в скоростях травления в деформированных и недеформированных участках материала. При необходимости подбор травителей возможно осуществлять опытным путем, по результатам проб на нейтральных участках материала.

Восстановление знаков начинают с подготовки поверхности. Этот процесс подробно описан в работах [2, 6, 7], и для полимерных материалов обычно включает два этапа: очистку поверхности от загрязнений с помощью воды, слабых растворов кислот или щелочей; шлифование поверхности с целью освобождения поверхности материала от грубых дефектов, возникших при удалении знаков. Шлифование проводят в направлении, перпендикулярном трассам, с помощью напильника, шлифовальной бумаги, шлифовальных порошков и т.д.

Методика исследований. В работе оптимиза-

цию процесса восстановления маркировочных обозначений проводили на образцах из ударопрочного полистирола, представляющих собой пластины размером 30×30 мм², на которых вручную ударом молотка по клейму наносили трех- или четырехзначные маркировочные обозначения (рис. 1).

Удаляли маркировочные обозначения различными механическими способами: с помощью наждачного круга, напильника, шлифовальной бумаги различной зернистости. При удалении наждачным кругом в местах соприкосновения с ним происходило образование глубоких параллельных трасс, борозд, углублений дугообразной формы. На границах следа, с той стороны, куда было направлено движение круга, имелись наплывы расплавленного материала (рис. 2, а).

При удалении маркировочных обозначений с помощью шлифовальной бумаги одновременно был отработан процесс подготовки поверхности к восстановлению. В частности, удалось установить, что наилучшим образом для этого подходит шлифовальная бумага средней зернистости (50–100 мкм), так как при этом не создаются дополнительные значительные по глубине трассы. Образуются лишь мелкие, слаборазличимые пересекающиеся царапины и трассы прямолинейной или дугообразной формы, определяемые траекторией движения руки при шлифовании (рис. 2, б). Данные трассы не могут помешать дальнейшему наблюдению выявленных штрихов. Увеличение размера зерна для шлифовальной бумаги будет приводить к возрастанию глубины трасс, загрязнению материала частицами абразива.

Аналогичная картина наблюдается при использовании шлифовального напильника. Несмотря на это, нами данный способ удаления не применялся, так как напильник воздействует лишь на выступающую либо находящуюся вблизи краев поверхность материала.

Выявление уничтоженных или измененных маркировочных обозначений производили путем химического травления маркировочных площадок как чистыми органическими растворителями, так и их смесями. Ранее в работе [5] подробно описан процесс восстановления обозначений на металлах

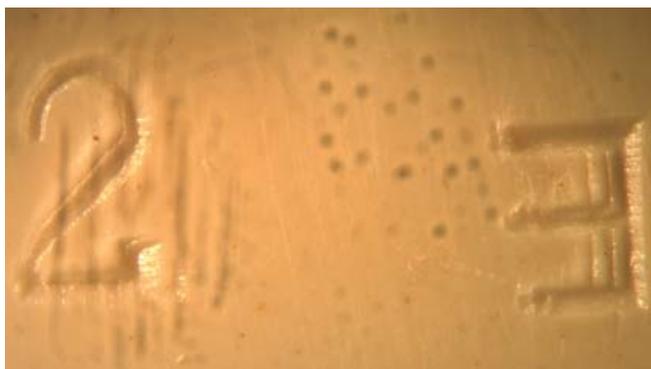


Рис. 1. Увеличенное изображение маркировочного обозначения, нанесенного на образец ударопрочного полистирола

и сплавах. В частности показано, что наилучшее качество восстановленных знаков может быть получено при их нанесении методом холодной штамповки. Последнее обусловлено наличием нижележащих слоев, в которых происходит деформация кристаллической структуры, сопровождающаяся измельчением отдельных кристаллитов и значительным искажением (деформацией) кристаллической решетки. Скорость травления в местах деформации кристаллической решетки гораздо выше, чем в остальном объеме материала. Восстановленные обозначения при этом проявляются в виде штрихов, расположенных ниже остальной поверхности материала.

При проведении холодной штамповки на полимерных материалах происходит в основном уплотнение материала в нижележащих слоях [4]. Скорость травления уплотненных участков ниже, чем остального объема материала. Как следствие, восстановленные обозначения располагаются выше остальной поверхности (рис. 3).

Оптимизацию процесса восстановления маркировочных обозначений на изделиях из полистирола проводили путем подбора органических растворителей, условий проведения процесса.

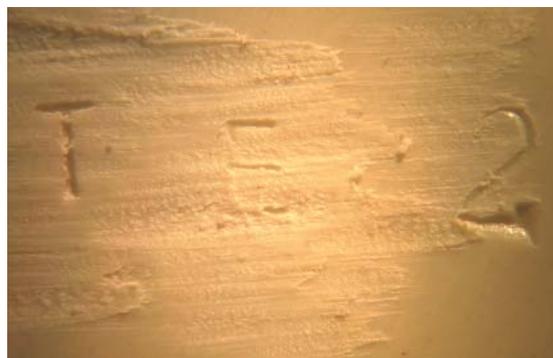
Известно, что ударопрочный полистирол растворяется в ароматических и хлорированных углеводородах и нерастворим в низших спиртах, фенолах, алифатических углеводородах [3]. Известно также, что в ряде углеводородов происходит на-

бухание полистирола, что также может влиять на процесс восстановления обозначений.

В качестве растворителей были опробованы: этиловый спирт, метиловый спирт, бензол, гексан, толуол, ксилол, дихлорэтан, ацетон, уайтспирит, скипидар, четыреххлористый углерод, триэтанолламин, диметилформамид.

Для большинства растворителей процесс восстановления проводили с помощью импровизированной ванночки, дном которой служил исследуемый материал, боковые стенки были изготовлены из пластилина, прикрепленного к боковой поверхности полистирола. Растворитель заливали на высоту 3–6 мм от поверхности материала. Способ восстановления, при котором необходимо изготовление импровизированной ванночки, описан в работе [4, 5, 7], был использован и в данной работе, поскольку в реальных условиях поместить целиком все изделие в емкость с травящим раствором не всегда представляется возможным, из-за больших габаритных размеров или невозможности разборки исследуемого изделия. Для некоторых растворителей, в частности, дихлорэтана и диметилформамида наблюдалось растворение пластилина, поэтому при использовании указанных травителей образец помещали в фарфоровую чашку с растворителем.

На основе результатов предварительных исследований кроме чистых веществ использовали смеси органических растворителей с различным соотношением компонентов. Было проверено от-



а



б

Рис. 2. Увеличенное изображение маркировочного обозначения, частично удаленного а) при помощи абразивного круга; б) при помощи шлифовальной бумаги средней зернистости



а



б

Рис. 3. Результат восстановления маркировочного обозначения на ударопрочном полистироле, полученное в результате: а) химического травления в бензоле в течение 4 мин (цифра 2 на фото справа); б) химического травления в гексане в течение 3 мин (цифра 1 на фото слева)



сутствие воздействия на полистирол низших спиртов, а именно, метанола и этанола. Аналогичные результаты были получены также для ацетона, уайтспирита, скипидара, триэтанолamina и четыреххлористого углерода. Восстановления маркировочных обозначений в указанных растворителях не происходило.

Применение в качестве растворителей дихлорэтана и диметилформамида показало, что их воздействие приводит к постепенному размягчению материала, превращению его в густую липкую массу. Использовать эти растворители для восстановления маркировочных обозначений в чистом виде не представляется возможным. Для уменьшения растворяющей способности данных веществ, и как следствие, получения качественных и воспроизводимых результатов восстановления маркировочных обозначений, производили их смешивание с растворителями, для которых растворения полистирола не наблюдалось вовсе. Хорошие результаты при этом были получены для смеси дихлорэтана с четыреххлористым углеродом в соотношении 1:1. Для других смесей и других соотношений компонентов в них результаты восстановления были значительно хуже.

Результаты исследований. Хорошие результаты восстановления были получены также при использовании в качестве растворителей ароматических углеводородов: гексана, бензола, толуола, ксилола. Для гексана и ксилола оптимальное время воздействия составляло около трех минут, для бензола – около 4 мин, для толуола – от 6 до 8 мин.

Особенностью восстановления маркировочных обозначений на полимерных материалах является крайне низкий контраст выявленных штрихов. Повышение разрешающей способности при фотофиксации производили с помощью микрофотосъемки с использованием микроскопа МБС-9, свет искусственный отраженный от микроосветителя ОИ-19. Повышение контраста производили с использованием косопадющего освещения от указанного микроосветителя, направленного перпендикулярно выявленным штрихам. Угол и ориентацию микроосветителя выбирали, исходя из получения максимального контраста, визуально наблюдаемого с помощью микроскопа.

Для повышения контраста использовали обработку выявленных штрихов перед фотосъемкой с помощью керосина и скипидара, рекомендован-

ную в работе [1]. Однако, ожидаемых результатов такая обработка не принесла, и повышения контраста при этом выявлено не было.

Заключение. Таким образом, по результатам проведенной работы можно заключить, что наилучшие результаты восстановления получены при использовании ароматических углеводородов: гексана, бензола, толуола, ксилола. Хорошие и воспроизводимые результаты восстановления получены для смеси дихлорэтана с четыреххлористым углеродом в соотношении 1:1. Фотофиксация выявленных штрихов должна проводиться с увеличением контраста, в качестве которого возможно использовать косопадющее освещение от микроосветителя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.П., Скобелева Г.А. Выявление удаленных маркировочных знаков на металлических и некоторых неметаллических предметах. – М., 1960. – 76 с.
2. Кочубей А.В. Восстановление удаленных рельефных изображений на металлах и сплавах // Криминалистическое исследование веществ, материалов и изделий: курс лекций. – Волгоград, 2002. – 78 с.
3. Малкин А.Я. Полистирол. Физико-химические основы получения и переработки. – М., 1975. – 263 с.
4. Райгородский В.М., Хрусталева В.Н., Ермолаев С.А. Экспертиза восстановления измененных и уничтоженных маркировочных обозначений: учеб. пособие. – Саратов, 1999. – 72 с.
5. Райгородский В.М. Возможности и особенности проведения экспертизы восстановления измененных или уничтоженных маркировочных обозначений на различных материалах // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 1. – С. 48–53.
6. Устинов С.Н., Струков В.М. Восстановление уничтоженных рельефных изображений на металлах, полимере и дереве // Экспертная практика. – 1989. – № 27. – С. 3–45.
7. Хрусталева В.Н., Райгородский В.М. Криминалистическое исследование веществ, материалов и изделий: курс лекций. – Саратов, 2005. – 492 с.

Райгородский Владимир Михайлович, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Инженерная физика, электрооборудование и электротехнологии», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.
Тел.: (8452) 74-96-51.

Ключевые слова: маркировочные обозначения; восстановление маркировочных обозначений; химическое травление; ударопрочный полистирол; органические растворители.

TECHNOLOGY OF RECOVERY PROCESS IS ALTERED OR DESTROYED IDENTIFICATION NUMBERS ON PRODUCTS OF HIGH IMPACT POLYSTYRENE

Raigorodskiy Vladimir Mikhailovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the chair "Engineering Physics, Electrical Equipment and Electrical Technologies", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

Keywords: the markings; restoration of markings; chemical etching; high-impact polystyrene; organic solvents.

The work is devoted to optimization of the recovery process is altered or destroyed identification numbers on high impact polystyrene. The results of the work established optimal modes of the process are chemical etchants, the time of the process, especially the photographic images of identified symbols, that allow obtaining high quality and reproducible results recovery of markings.

