

УДК 544.032.65

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МАРКИРОВКИ ПОЛИМЕРОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аширова А.Д. (федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Петров А.А.

(федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»)

В работе приведено исследование изменений физико-химических свойств полимеров под действием ультрафиолетового лазерного излучения в процессе их маркировки. Целью исследования является изучение структурных модификаций, происходящих с материалами, и выбор подходящих режимов обработки для дальнейшего внедрения данной технологии в массовое производство.

Введение.

Маркировка относится к широко используемым лазерным технологиям, она востребована практически повсеместно. Долговечная маркировка используется в различных отраслях промышленности, таких как автомобилестроение, электроника, медицинская и пищевая промышленность. Она играет важную роль при обеспечении прослеживаемости, уникальной идентификации продукта и предотвращения подделки продукции.

Для лазерной маркировки наиболее часто используются: для большинства конструкционных материалов иттербиевый волоконный лазер (1060 нм); в ряде случаев для неметаллических материалов СО₂-лазер (10640 нм); другие типы лазеров используются сравнительно редко. Для маркировки широкого класса полимеров представляет интерес использование УФ-диапазона, в связи с особенностями поглощения этих материалов. Что касается волоконных лазеров ультрафиолетового диапазона, подходящих для задач маркировки, коммерческое применение они нашли относительно недавно. Исследованиям с практическими результатами на эту тему, как правило, не более десяти-пятнадцати лет. Тем не менее, при маркировке материалов эти лазеры обеспечивают высокую точность обработки благодаря короткой длине волны и хорошему качеству пучка. Вследствие особенностей строения самих полимеров сам процесс при этом характеризуется не только поверхностным, но и объёмным поглощением, а модификации носят фотохимический характер. Данные материалы чувствительны к воздействию ультрафиолетового излучения. Такая маркировка экологична, отличается высокой стойкостью и лишена нежелательных последствий в виде зоны расплава и термических напряжений в материале.

Для исследования был выбран маркировочный комплекс на базе УФ-лазера (355 нм) производства IPG Photonics. Проведено исследование процесса маркировки нескольких видов полимеров различных цветов. Полученные результаты проанализированы при помощи ряда методов – от визуальной оценки до снятия профилограмм и сканирующей микроскопии.

Основная часть.

Для исследования были выбраны применяемые в различных областях производства поливинилхлорид (ПВХ: чёрная, белая и серая внешняя изоляция кабелей связи) и полипропилен (ПП: белые сантехнические трубы). Маркировка наносилась на неподвижный образец УФ-лазером (355 нм) согласно заданной матрице с шагом по мощности и частоте излучения, и скорости маркировки. Были изучены режимы, при которых получены четыре метки различных цветов – от начала видимой модификации и вплоть до признаков разрушения

материала. Таким образом определялись пороговые и граничные параметры обработки, а также сравнивались полученные цвета и их контрастность.

Изначально оценка полученных результатов производилась по визуальным критериям, сюда включалось получение снимков на оптическом микроскопе Zeiss. Далее исследовался рельеф поверхности меток для определения параметров шероховатости и описания механических изменений в материале. Также были рассчитаны координаты цветности для оценки контраста меток. Выводы о структурных и химических изменениях были сделаны на основании снимков сканирующей электронной микроскопии.

В результате работы было определено:

- выявлены два диапазона изменения цветности при варьировании матрицей параметров излучения (первый от светло-серого до тёмно-серого, второй от оранжевого до тёмно-коричневого): материалы из ПВХ при воздействии УФ-излучения показывают схожую цветовую палитру от светло-серого до тёмно-коричневого, вне зависимости от их собственной окраски; полипропилен отличается градициями от серого до коричневого цветов. Предположительно, это связано с различием в структурных модификациях и фазах состояния, происходящих при действии излучения.
- все без исключения материалы в той или иной степени поддаются модификации. В зависимости от режимов могут проявляться процессы плавления, карбонизации и кристаллизации; поверхность меняет свою структуру и объём, становясь более шероховатой, «вспучивается» или «проседает» внутрь материала на граничных режимах воздействия;
- на повышение контрастности меток в числе прочего влияет увеличение шероховатости поверхности и, как следствие, рассеяние света; существует близкая к прямой зависимость этих параметров друг от друга.

Выводы.

В результате работы с ультрафиолетовым лазером удалось определить диапазон режимов и нанести высококонтрастную маркировку на оба материала – ПВХ и ПП. Наиболее различимые метки получены на светлых полимерах, они отличаются хорошей чёткостью. На чёрной изоляции маркировка видится несколько проблематичной, но тем не менее она возможна и так же заметна. Метки характеризуются достаточной глубиной модификации (до 45 мкм), что может быть существенным для износостойкости при дальнейшей эксплуатации изделий. Кроме того, интересен момент получения палитры цветов – это позволяет наносить многоцветную маркировку без использования посторонних средств.

Предложенные и внедренные технологии лазерной маркировки являются альтернативой традиционно используемым тампонным и струйным видам печати. Лазерные технологии позволяют преодолеть существующие ограничения традиционных методов, повысить качество наносимых меток, обеспечить хорошую контрастность и разнообразие расцветок. Проведённое исследование обобщает особенности маркировки полимерных материалов ультрафиолетовым лазером.

Аширова А.Д. (автор)

Подпись

Петров А.А. (научный руководитель)

Подпись