

где: $m_n = j$, при $j < n$ или $m_n = n$, при $j \geq n$
Значение K_{cm} определяется по формуле

$$k_{cm} = \frac{t_{маш}}{t_{маш} + t_{см}} \quad (7)$$

где: $t_{маш}$ - среднее машинное время обработки на одном станке; $t_{см}$ - время смены спутника между столом станка и позицией промежуточного накопителя.

Для определения среднего числа приспособлений – спутников, находящихся между участком их подготовки и станками разработана формула:

$$m_{cp} = \sum_{i=1}^{i_{max}} \sum_{j=1}^{j_{max}} (i + j) \cdot p_{ij} \quad (8)$$

По вероятностям состояний также можно установить требования к интенсивности обслуживания штабелёром, и транспортным роботом для достижения нормативного коэффициента загрузки оборудования по времени.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вентцель Е.С. Исследование операций: М.: Советское радио. 1972
2. Новиков О.А., Петухов С.М. Прикладные вопросы теории массового обслуживания.- М.: Советское радио. 1969.
3. Гибкие производственные комплексы/ Под. ред. П.И. Белянина.-М.: Машиностроение, 1984

УДК 535.016

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, ПОДВЕРЖЕННЫХ ЛАЗЕРНОМУ ОБЛУЧЕНИЮ

Гаврилова В.В., Шупан П.И.

Гродненский государственный университет имени Янки Купалы Гродно,
Республика Беларусь

Лазерное облучение является актуальным методом, позволяющим изменить свойства различных материалов. Характер воздействия лазерного излучения зависит от режимов облучения.

Целью работы является исследование структуры, механических свойств и морфологии поверхности полимерных пленок при воздействии на них лазерного излучения различной плотностью мощности.

Исследуемыми материалами являлись: полиэтилентерефталатная пленка (ПЭТФ ТУ 6-05-1543-87) толщиной 40 мкм, полиэтиленовая пленка (ПЭВД ГОСТ 16338-85) толщиной 100 мкм, полипропиленовая пленка (ПП ГОСТ 26996-86) толщиной 40 мкм. Перед облучением пленочные образцы очищались от загрязнений этиловым спиртом.

Источником излучения являлся рубиновый лазер ГОР-100М, работающий в режиме свободной генерации с длительностью импульса 1,2 м/с. Энергия лазерных импульсов составляла 10, 20, 40 и 50 Дж. Диаметр пятна фокусировки составлял 40 мм.

Исследование структуры поверхности пленок проводили методом ИК-спектроскопии с использованием спектрофотометра SPECORD 75-1R.

Морфологию и топографию поверхности оценивали методом атомно-силовой микроскопии (АСМ) с использованием атомно-силового микроскопа NT - 206. Сканирование проводили на воздухе, при нормальных условиях и комнатной температуре с использованием кантилевера CSC 38/AIBS жесткостью 0,03 Н/м.

Прочностные испытания проводили на разрывной машине РМ-30-1 согласно ГОСТ 14236-81 [1].

Полученные данные ИК-спектроскопии полиэтилентерефталатной пленки указывают на то, что лазерное воздействие приводит к значительным структурным изменениям и изменению оптической плотности: в области прозрачности ($1850 - 2700 \text{ см}^{-1}$) появляются новые полосы поглощения: $2100 - 2200 \text{ см}^{-1}$, соответствующие группе $\text{C}\equiv\text{C}$; 1600 см^{-1} – указывает на появление карбонильной группы. Степень кристалличности характеризуется в ПЭТФ полосой 1343 см^{-1} , а области аморфности – полосой 1370 см^{-1} .

ИК-спектроскопия пленок ПЭВД показала, что их структура при облучении лазером существенно не изменяется, однако интенсивность полосы поглощения, соответствующей длине волны 2873 см^{-1} , увеличивается, что характерно для группы С-Н. Из этого следует, что концентрация группы атомов С-Н увеличилась. Оптическая плотность по мере увеличения мощности излучения увеличивается от 1,08 до 1,25. Изменение интенсивности полос, соответствующих длинам волн 2008 см^{-1} и 1887 см^{-1} , свидетельствует об увеличении степени кристалличности.

Результаты ИК-спектроскопии полипропиленовых пленок говорят о значительном уменьшении интенсивности полос, особенно в области от 1500 до 2600 см^{-1} , соответствующей зоне прозрачности.

Полученные результаты механических испытаний образцов пленок указывает на влияние ЛИ на показатели прочности при растяжении (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты механических испытаний

Плотность мощности, Вт/см ²	Прочность при растяжении, МПа		
	ПЭТФ	ПП	ПЭВД
0	75	43	22
0,85	95	45	15
2	95	46,5	13,5
3,3	82	47	23
4,5	100	43	24

По результатам механических испытаний можно сделать вывод о том, что предел прочности исследуемых материалов при растяжении зависит от мощности лазерного излучения. Для пленок ПЭВД и ПЭТФ максимальная прочность наблюдается после облучения лазером плотностью мощности $4,50 \text{ Вт/см}^2$, для ПП пленок – $3,30 \text{ Вт/см}^2$.

Проведенный анализ АСМ-изображений показал, что при облучении полимерных пленок лазером изменяется топография и морфология поверхности.

Воздействие лазерного излучения (ЛИ) плотностью мощности $2,00 \text{ Вт/см}^2$ на пленки ПЭТФ приводит к появлению светлых участков, которые равномерно распределены по всей поверхности исследуемого образца (рисунок 1, б). При анализе пленки, обработанной лазерным излучением плотностью мощности $3,30 \text{ Вт/см}^2$ наблюдается резкий контраст между светлыми и темными участками. Возможно, это снижает прочность пленок (рисунок 1, в). При увеличении плотности мощности ЛИ до $4,50 \text{ Вт/см}^2$ происходит сглаживание контраста между участками высокой и низкой твердости (рисунок 1, г).

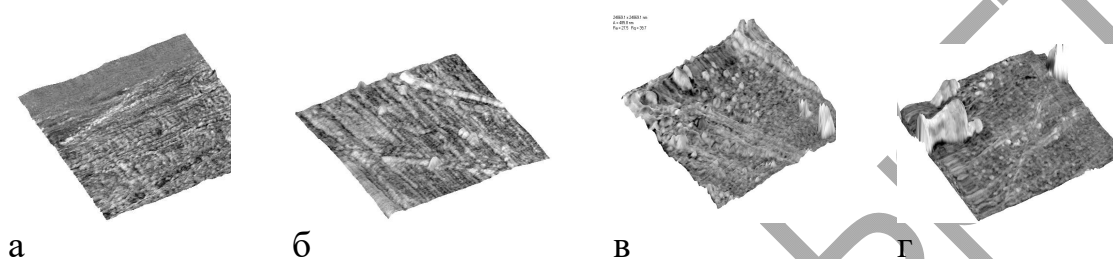


Рисунок 1 – 3-D вид АСМ-изображения поверхности пленки ПЭТФ: а - пленка ПЭТФ, не обработанная ЛИ; б - облучение ЛИ при $q=2,00 \text{ Вт/см}^2$; в - облучение ЛИ при $q=3,30 \text{ Вт/см}^2$; г - облучение ЛИ при $q=4,50 \text{ Вт/см}^2$

Анализ АСМ-изображений поверхности пленки ПЭВД показывает, что при облучении плотностью мощности $2,00 \text{ Вт/см}^2$ появляется зернистость рельефа (рисунок 2, б). Эта структура является одноуровневой, так как не наблюдается группирование зерен в более крупные образования. Имеют место отдельные участки, представляющие собой скопление зерен больших размеров. При повышении плотности мощности ЛИ до $3,30 \text{ Вт/см}^2$ характер рельефа пленки меняется (рисунок 2, в). Наблюдаемые ранее зерна группируются в более крупные конгломераты, что, скорее всего, приводит к увеличению прочностных характеристик. После облучения пленки ЛИ плотностью мощности $4,50 \text{ Вт/см}^2$ на поверхности образуются отдельные участки – кластеры, которые на рисунке имеют более светлый оттенок по сравнению с общим фоном (рисунок 2, г).

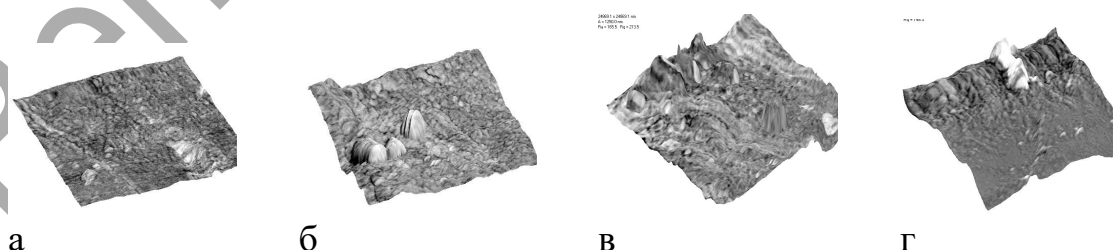


Рисунок 2 – 3-D вид АСМ-изображения поверхности пленки ПЭВД: а - пленка ПЭВД не обработанная ЛИ; б - облучение ЛИ при $q=2,00 \text{ Вт/см}^2$; в - облучение ЛИ при $q=3,30 \text{ Вт/см}^2$; г - облучение ЛИ при $q=4,50 \text{ Вт/см}^2$

На поверхности пленки ПП после облучения мощностью $2,00 \text{ Вт/см}^2$ образуются отдельные участки, представляющие собой скопление зерен больших размеров (рисунок 3,б). Повышение плотности мощности ЛИ до $3,30 \text{ Вт/см}^2$ приводит к распределению этих скоплений зерен по всей поверхности пленки (рисунок 3,в). Увеличение плотности мощности ЛИ до $4,50 \text{ Вт/см}^2$ приводит к сглаживанию рельефа (рисунок 3,г). Наблюдается поверхность идентичная поверхности необработанного образца (рисунок 3,а).

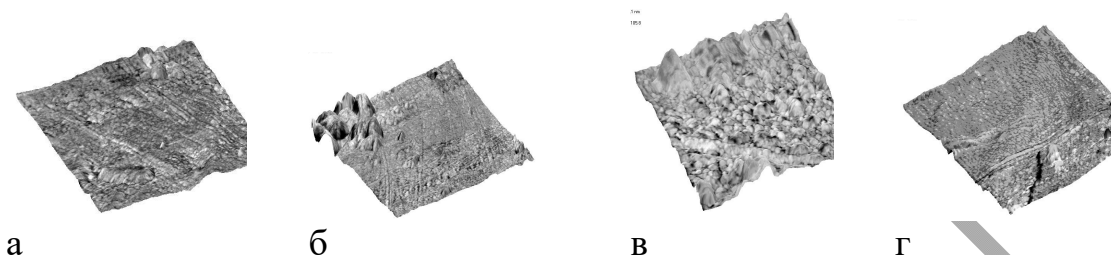


Рисунок 3 – 3-D вид АСМ-изображения поверхности пленки ПП: а - пленка ПП, не обработанная ЛИ; б - облучение ЛИ при $q=2,00 \text{ Вт/см}^2$; в - облучение ЛИ при $q=3,30 \text{ Вт/см}^2$; г - облучение ЛИ при $q=4,50 \text{ Вт/см}^2$

В результате проведенных исследований можно сделать выводы о том, лазерное облучение пленок приводит к структурным и морфологическим изменениям, причем установлено, что оптимальные режимы лазерной обработки для пленок ПЭВД и ПЭТФ соответствуют плотности мощности $4,50 \text{ Вт/см}^2$, для ПП пленок – $3,30 \text{ Вт/см}^2$. Данная обработка приводит к увеличению предела прочности при растяжении.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 14236-81. Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение. М.: Издательство стандартов, 1989, 10 с.

УДК 67.02

ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Кудрицкий Я.В., Ялковский Н.С.

Брестский государственный технический университет
Брест, Республика Беларусь

Главные особенности автоматизированного проектирования в технологии машиностроения – это многовариантность и низкий уровень формализации при решении большинства проектных задач.

В соответствии с этими особенностями, проектирование технологических процессов представляет собой, в основном, последовательный выбор типовых решений, в соответствии с определенными условиями производства и параметрами детали. Большое разнообразие переменных факторов, влияющих на выбор атрибутов техпроцесса, значительно усложняют автоматизацию технологической подготовки производства. Поэтому, целесообразно выполнить разделение