

УДК 541.64:537.6

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОЛИЭТИЛЕНА И ПОЛИПРОПИЛЕНА¹

© 1998 г. В. А. Жорин*, Л. Л. Мухина**, И. В. Разумовская**

* Институт химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук
117977 Москва, ул. Косыгина, 4

** Московский педагогический государственный университет им. В. И. Ленина
119882 Москва, ул. М. Пироговская, 1

Поступила в редакцию 05.08.97 г.
Принята в печать 12.01.98 г.

Установлено, что воздействие магнитного поля может приводить к существенному изменению зависимостей микротвердости от глубины вдавливания индентора для ПЭНП, ПЭВП, ПП. Полученные данные свидетельствуют о том, что электрофизическое состояние полимерного материала влияет на величину микротвердости и степень однородности образцов.

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] сообщалось о том, что ультразвуковые измерения для образцов полиуретана, подвергнутых совместному воздействию высокого давления и сдвиговых напряжений, приводили к существенно различным результатам в тех случаях, когда измерения проводили в присутствии и в отсутствие магнитного поля. Распространение акустического возмущения в твердом теле обычно связывают с колебаниями решетки, и при таком подходе довольно трудно объяснить влияние слабого по своему энергетическому воздействию магнитного поля на процесс распространения акустических колебаний в полимерном материале. В то же время магнитное поле может сильно влиять на поведение различного рода электрических зарядов, которые обязательно присутствуют в полимерных материалах после обработки под давлением. Появление зарядов в полимерах может быть связано с электризацией при пластическом деформировании, образованием механоэлектретов. Кроме того, на границе раздела полимер–металл наковальни могут формироваться двойные электрические слои.

Важной характеристикой твердого тела, которую обычно связывают с процессом пластического деформирования в микрообластях, является микротвердость. Для материалов с однородной структурой она не зависит от глубины вдавливания индентора в образец, т.е. от нагрузки на индентор. В случае неоднородных образцов, например слоистых структур, это правило нарушается. Микротвердость также существенно зависит от

структурь твердого тела. Так, рост количества структурных дефектов в металлах приводит к увеличению микротвердости. На примере диэлектриков было показано [2], что облучение УФ-или рентгеновским излучением может превратить исходную однородную структуру в неоднородную. Таким образом, имеющиеся экспериментальные данные указывают на то, что величина микротвердости зависит не только от состояния кристаллической структуры, но и от электрофизического состояния диэлектрика.

В связи с этим представляет интерес вопрос о возможном влиянии энергетически слабых воздействий (не влияющих непосредственно на решеточную структуру твердого тела) на физико-механические свойства полимерных материалов. В настоящей работе исследовали влияние магнитного поля на величину микротвердости полимерных материалов.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе исследовали зависимости микротвердости H от глубины вдавливания индентора l для образцов ПЭНП, ПЭВП и ПП. Использовали изотактический ПП с $M_w = 3.5 \times 10^3$ и $M_n = 7.7 \times 10^4$, ПЭВП с $M_w = 1.8 \times 10^5$ и $M_n = 162 \times 10^4$, а также ПЭНП марки 158-0802 с температурой плавления 379 К. Зависимости H от l получали для пленок полимеров, приготовленных методом горячего прессования, и для образцов, подвергнутых совместному воздействию высокого давления и сдвиговых деформаций. Обработку полимеров под давлением проводили на аппарате типа наковален Бриджмена при давлении 2 ГПа и комнатной температуре. Использовали наковальни из стали ХВГ с диаметром рабочих поверхностей 20 мм.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 97-03-32718а).

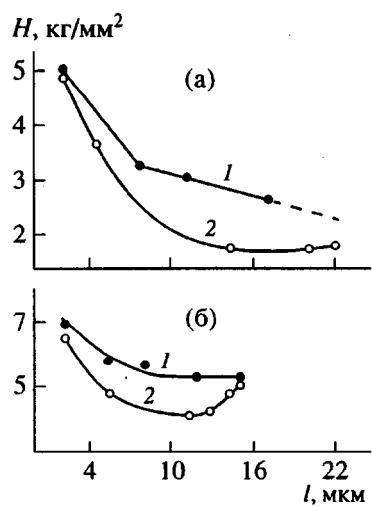


Рис. 1. Зависимости H от l для ПЭВП (а) и ПП (б): 1 – образец, обработанный под высоким давлением; 2 – тот же образец после магнитной обработки.

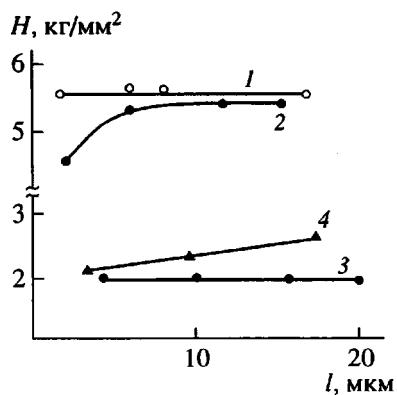


Рис. 2. Зависимости H от l для ПЭВП (1, 2) и ПЭНП (3, 4): 1, 3 – пленки, полученные методом горячего прессования; 2, 4 – те же пленки после магнитной обработки.

Угол поворота наковален составлял 500°. Рабочие поверхности наковален притирали алмазной пастой (8 класс обработки). После обработки под давлением образцы представляли собой прозрачные пленки толщиной 80–100 μm. Их микротвердость измеряли на расстоянии 6–7 mm от центра образца на твердомере ПМТ-3; нагрузки на индентор варьировали от 0.5 до 20 г. Проводили 7–10 измерений при выбранной нагрузке, и их результаты усредняли. При этом отклонения от среднего значения не превышали ~15%.

Магнитная обработка полимерных образцов заключалась в том, что над поверхностью исследуемых пленок на расстоянии 0.5–1 mm несколько (5–6) раз проводили постоянным магнитом из SmCo. При измерениях микротвердости образцы,

как правило, помещали на стеклянную подложку; в случае образцов ПП для сравнения использовали также металлическую подложку.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1а приведены зависимости H от l для образца ПЭВП, подвергнутого воздействию высокого давления и сдвиговых деформаций, и для этого же образца после магнитной обработки. В обоих случаях микротвердость монотонно снижается с увеличением глубины вдавливания индентора. Значения микротвердости уменьшаются при магнитной обработке. Имеется тенденция к уменьшению различий в значениях микротвердости до и после магнитной обработки при $l \geq 20. Можно предположить, что при глубине вдавливания $l \geq 25\mu\text{m}$ значения микротвердости до и после магнитной обработки совпадут. Это указывает на то, что влияние магнитной обработки распространяется на глубину ~25 μm. При этом в приповерхностных слоях ($l \leq 6\mu\text{m}$) влияние магнитной обработки мало, а наиболее сильно оно проявляется на глубине от ~10 до ~18 μm.$

Вполне аналогичная картина наблюдалась и для образца ПП, подвергнутого воздействию высокого давления и сдвиговых деформаций (рис. 1б). Однако в этом случае все изменения происходят в слое толщиной ~14–15 μm.

Таким образом, влияние магнитной обработки после воздействия высокого давления и сдвиговых деформаций для обоих полимеров (ПЭВП и ПП) сводится к снижению микротвердости при всех значениях l . Глубина, на которой проявляются результаты магнитной обработки, индивидуальна для каждого из этих полимеров.

Согласно работе [3], в полимерных материалах при воздействии высокого давления и сдвиговых деформаций происходят существенные изменения в надмолекулярной структуре. Иначе говоря, обнаруженное влияние магнитной обработки на зависимости H от l для полимеров, подвергнутых совместному воздействию высокого давления и сдвиговых деформаций, может быть связано с теми изменениями, которые претерпевают полимеры в результате обработки под высоким давлением. Поэтому возникает вопрос о возможном влиянии магнитной обработки на обычные полимерные пленки.

На рис. 2 представлены зависимости H от l для образцов ПЭНП и ПЭВП, полученных методом горячего прессования. Эти зависимости имеют вырожденный характер. Магнитная обработка образцов приводила к тому, что вид зависимостей H от l в обоих случаях немного изменился.

На рис. 3 приведены результаты измерений микротвердости на образце ПП, приготовленном

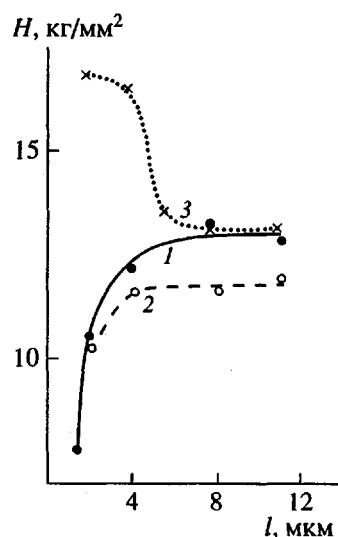


Рис. 3. Зависимости H от l для ПП: 1 – образец, полученный горячим прессованием; 2, 3 – тот же образец после магнитной обработки на диэлектрической (2) и на металлической подложке (3).

методом горячего прессования. Для исходного образца H возрастает от 7.5 кг/мм² при глубине вдавливания индентора 2 мкм до 12.5 кг/мм² при глубине 5–6 мкм. Замена стеклянной подложки

на металлическую не приводила в этом случае к сколь-нибудь существенному изменению зависимости H от l .

После магнитной обработки такого образца ситуация становится иной. Данные рис. 3 свидетельствуют о том, что природа подложки радиальным образом влияет на характер зависимости H от l для образца после магнитной обработки. Основные различия в этом случае проявляются в поверхностном слое толщиной 5 мкм.

Таким образом, во всех случаях магнитная обработка оказывает влияние на величину микротвердости полимерных материалов в поверхностном слое. Толщина этого слоя различна для разных полимеров и существенно зависит от состояния материала. В случае образцов с метастабильной структурой, сформированной при деформировании под высоким давлением, толщина слоя больше, чем для образцов, полученных методом горячего прессования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жорин В.А., Волкова А.В. // Высокомолек. соед. А. 1988. Т. 30. № 9. С. 1862.
2. Новое в области испытаний на микротвердость / Под ред. Хрущова М.М. М.: Наука, 1964. С. 272.
3. Купцов С.А., Ерина Н.А., Жорин В.А., Антипин Е.М., Прут Э.В. // Высокомолек. соед. А. 1995. Т. 37. № 10. С. 1692.

The Effect of Magnetic Treatment on Microhardness of Polyethylene and Polypropylene

V. A. Zhorin*, L. L. Mukhina**, and I. V. Razumovskaya**

* Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences,
ul. Kosygina 4, Moscow, 117977 Russia

** Moscow State Pedagogical University,
ul. Malaya Pirogovskaya 1, Moscow, 119882 Russia

Abstract—It was found that the exposure of LDPE, HDPE, and PP to a magnetic field may essentially change the dependence of microhardness on the penetration of an indenter. The results obtained indicate that the electrophysical state of the polymeric material affects both the microhardness and degree of specimen uniformity.