

# Исследование физико-механических свойств полимерных материалов после поверхностного деформирования заготовок

## Investigation of the physical and mechanical properties of polymeric materials after blanks surface deformation

*О.Ю. ЕРЕНКОВ, С.П. ИСАЕВ, И.Я. ЛОПУШАНСКИЙ*

*O.YU. ERENKOV, S.P. ISAEV, I.YA. LOPUSHANSKIY*

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск  
Pacific State University, Khabarovsk  
ivan-029.90@mail.ru

Представлены результаты экспериментального исследования влияния поверхностного деформирования полимерных материалов, как индивидуальной операции, так и в сочетании с последующим точением заготовок, на некоторые их эксплуатационные характеристики. Экспериментально доказано, что предварительное обкатывание заготовок не приводит к снижению эксплуатационных характеристик полимерных материалов.

*Ключевые слова:* полимерные материалы, поверхностное деформирование, точение, прочность, твердость, влагопоглощение

The results of an experimental study of the effect of surface deformation of polymeric materials, both as an individual operation and in combination with subsequent turning of workpieces, on some of operational characteristics of these materials are presented. It is experimentally proved that preliminary surface deformation does not reduce the performance of polymeric materials.

*Keywords:* polymeric materials, surface deformation, turning, strength, hardness, water absorption

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-7-8-37-39

### *Введение*

В связи с большой ролью пластмасс как конструкционных материалов вопросы их обработки приобретают исключительно большое значение. В настоящее время известны, например [1, 2, 3, 4], оригинальные способы обработки деталей из пластмасс, сущность которых заключается в направленном изменении свойств обрабатываемого материала в зоне резания с целью обеспечения благоприятных условий для получения обработанной поверхности высокого качества.

В данной работе, рассматривая обработку режущим инструментом как разновидность процесса управляемого разрушения твердого полимерного материала и на основе положений термофлуктуационной теории разрушения [5], представлен новый способ токарной обработки полимерных материалов [6].

Сущность способа заключается в том, что заготовку из полимерного материала, предназначенную для токарной обработки, предварительно подвергают поверхностному деформированию путем обкатывания. Во время деформирования происходит разрушение части химических связей полимера, что способствует интенсивному образованию микротрещин в структуре материала, т.е. имеет место явление технологического охрупчивания поверхностного слоя заготовки. Такой эффект приводит к снижению силы резания при последующем взаимодействии поверхностного слоя материала с режущим инструментом, так как облегчается процесс деформирования срезаемого слоя за счет образования зоны предразрушения. При этом магистральная трещина приобретает более устойчивое направление развития вдоль линии среза, что является предпосылкой снижения шероховатости обработанной поверхности, так как снижается вероятность образования вырывов, сколов и подобных дефектов обрабатываемого резанием материала.

Эффективность разработанного способа с точки зрения обеспечения высокого качества обработанной поверхности детали из полимерных материалов доказана исследованиями, подробно изложенными в [7, 8]. Однако характер взаимосвязи между параметрами обкатывания, точения и эксплуатационными свойствами

деталей из полимерных материалов в настоящее время не исследован. Результаты таких исследований имеют практический интерес, так как смогут позволить ответить на вопрос о целесообразности обработки заготовок из пластмасс методом предварительного обкатывания с точки зрения работоспособности и надежности эксплуатируемых впоследствии деталей.

Цель данной работы – экспериментальное исследование эксплуатационных свойств полимерных материалов после поверхностного деформирования заготовок путем обкатывания, как индивидуальной операции, так и в сочетании с последующим точением заготовок.

### *Методика проведения эксперимента*

В качестве исследуемых материалов выбраны представители терморезистивных и термопластичных пластмасс, детали и изделия из которых широко применяются в машиностроении: текстолит ПТК, гетинакс 1, капролон В, фторопласт-4.

В процессе экспериментальных исследований оценивались следующие характеристики указанных материалов: прочность при одноосном растяжении, твердость и способность полимеров к водопоглощению.

Для проведения таких исследований применялись: испытательная машина WDW-50E, использование которой позволяет обеспечить высокую точность экспериментов, возможность реализации нескольких видов механического нагружения образцов, произвести обработку данных за счет собственного математического обеспечения в реальном масштабе времени; твердомер для измерения твердости по методу Бринелля; набор лабораторного оборудования для исследования водопоглощения в соответствии с ГОСТ 4650-80.

Экспериментальные исследования реализовывались в следующей последовательности. Изначально проводили исследование влияния операции обкатывания заготовок на их прочность, при этом исследовались исходные заготовки, заготовки после обкатывания с усилием 3 кН, а также заготовки, которые после обкатывания с усилием 3 кН подвергались токарной обработке.

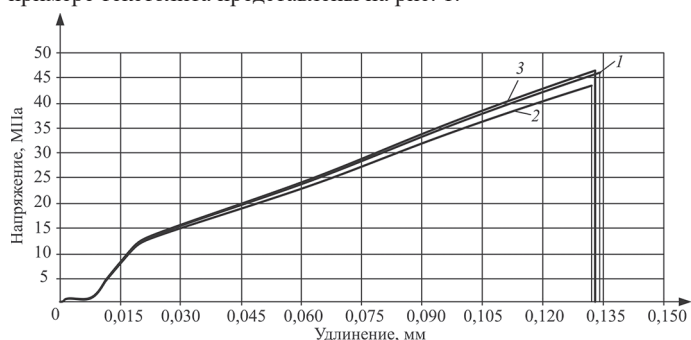
Затем исследовали влияние операции обкатывания заготовок на их твердость, при этом исследовались исходные заготовки, заготовки после обкатывания с усилиями от 1 до 3 кН, а также заготовки, которые после обкатывания с усилием 1 кН подвергались токарной обработке.

На завершающей стадии экспериментов исследовали влияние операции обкатывания заготовок на их водопоглощение, при этом исследовались образцы в форме диска диаметром  $(50 \pm 1)$  мм и толщиной  $(3,0 \pm 0,2)$  мм, которые вырезались из исходных заготовок, заготовок после обкатывания с усилием обкатывания  $P_{ПД} = 3$  кН, а также заготовки, которые после обкатывания с усилием обкатывания 1 кН подвергались токарной обработке.

Рекомендации по выбору инструментального материала, геометрии режущей части инструмента и усилия обкатывания для конкретных видов пластмасс приведены в [7, 8].

*Результаты экспериментальных исследований*

Результаты первого этапа экспериментальных исследований на примере текстолита представлены на рис. 1.



**Рис. 1.** Диаграмма нагружения текстолита: 1 – исходная заготовка; 2 – после обкатывания силой 3 кН; 3 – обработанного точением после обкатывания силой 3 кН.

Анализ представленных данных показывает, что после обкатывания заготовки с усилием 3 кН прочность материала снижается по сравнению с прочностью материала исходной заготовки, о чем свидетельствует более низкое значение разрывного напряжения. Уменьшение предела прочности материала приблизительно на 10% объясняется тем, что происходит разупрочнение поверхностного слоя материала за счет появления микротрещин и образования зон пластической деформации в вершинах трещин. Как было ранее указано [4, 5], в этих зонах часть связей полимера нагружена, часть разорвана. Прочность материала заготовки, которая подвергалась обкатыванию с усилием 3 кН и последующей токарной обработке, практически равна прочности исходного материала. Такой эффект можно объяснить тем, что при токарной обработке происходит удаление дефектного, охрупченного обкатыванием поверхностного слоя, вносящего определяющий вклад в снижение прочности материала.

Аналогичный характер изменения прочности наблюдается при испытаниях капролона, гетинакса и фторопласта: снижение прочности указанных материалов после обкатывания происходит в пределах 9–12%, а после токарной обработки прочность фактически равняется исходной.

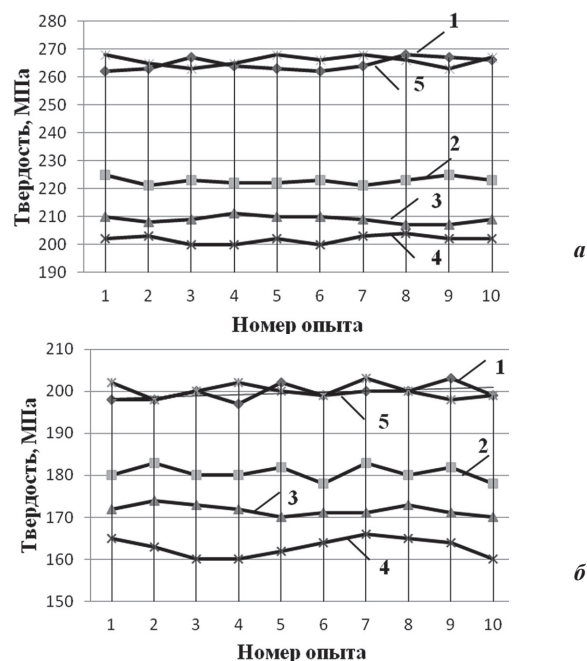
На рис. 2 представлены результаты исследования изменения твердости материала на примере текстолита и капролона.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что твердость материала находится в прямой зависимости от величины усилия обкатывания заготовки, с его увеличением твердость снижается. Для всех исследуемых материалов имеет место снижение твердости до 20% в случае обкатывания заготовок по сравнению с твердостью исходного материала. После токарной обработки заготовок, подвергшихся предварительному обкатыванию, твердость обработанной поверхности практически соответствует твердости исходного материала. Такие факты также объясняются эффектом технологического разупрочнения поверхностного слоя при поверхностном деформировании заготовок путем обкатывания.

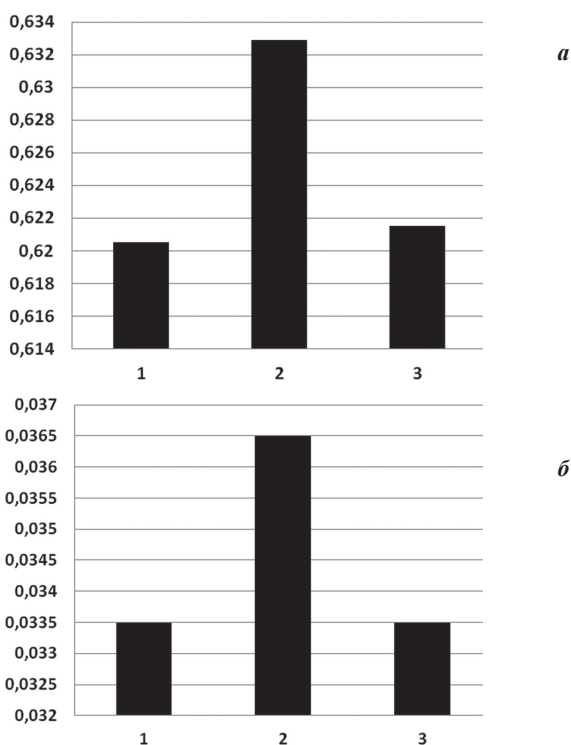
Результаты третьего этапа экспериментальных исследований на примере текстолита и капролона представлены на рисунках 3, 4, 5.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что водопоглощение у материалов, полученных точением и точением после

применения предварительного обкатывания, одинаковое. Увеличение влагопоглощения материалами, полученными предварительным обкатыванием с усилием обкатывания  $P = 3$  кН без точения, объясняется тем, что происходит разупрочнение поверхностного слоя материала за счет появления микротрещин и зон пластической деформации в вершинах трещин.



**Рис. 2.** Изменение твердости полимерных материалов: а) текстолит; б) капролон. 1 – исходная заготовка; 2 – после обкатывания силой 1 кН; 3 – после обкатывания с усилием 2 кН; 4 – после обкатывания с усилием 3 кН; 5 – после обкатывания с усилием 3 кН и последующего точения.



**Рис. 3.** Среднее значение массы воды, поглощенной материалом: а) текстолит; б) капролон; 1 – исходная заготовка; 2 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН; 3 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН и последующим точением.

Анализ полученных данных позволяет заключить, что для обоих материалов характер изменения исследованных параметров водопоглощения одинаковый. Обкатывание заготовок способствует значительному росту всех параметров водопоглощения, что объясняется наличием в структуре материала большого количества микротрещин, благодаря которым реализуется диффузионный механизм внедрения воды в объем материала. Аналогичный характер изменения параметров водопоглощения имеет место при

испытаниях фторопласта и гетинакса. Однако после токарной обработки заготовок из исследуемых материалов параметры обработанной поверхности практически идентичны параметрам исходной поверхности.

*Выводы*

Включение в технологический процесс механической обработки полимерных материалов операции предварительного обкатывания заготовок является целесообразным, так как ранее проведенными исследованиями [7, 8] установлено, что применение предварительного обкатывания заготовок приводит к снижению шероховатости обработанной впоследствии точением поверхности деталей, а в данной работе экспериментальным путем доказано, что снижение эксплуатационных характеристик материалов и, соответственно, работоспособности и надежности деталей не происходит.

**Литература**

1. Еренков О.Ю. Повышение эффективности обрабатываемости заготовок из пластмасс// Пластические массы. 2006. № 6. С. 52–55.
2. Еренков О.Ю. Химико-механические способы обработки полимерных материалов резанием// Пластические массы. 2008. №1. С. 49–52.
3. Еренков О.Ю. Влияние обработки заготовок из полимерных материалов поверхностно-активными веществами на качество их механической обработки/О.Ю. Еренков// Пластические массы. 2017. №1–2. С. 62–64.
4. Еренков О.Ю. Новый подход к высокопроизводительной механической обработке термопластов резанием/О.Ю. Еренков// Пластические массы. 2017. №5–6. С. 53–55.
5. Карташов Э.М. Структурно – статистическая кинетика разрушения полимеров/ Э.М. Карташов, Б. Цой, В.В. Шевелев. – М.: Химия, 2002.
6. Патент №2497670 Российская федерация, (51) МПК В 29 С 37/00. Способ обработки заготовок из капролона / О.Ю. Еренков, С.О. Еренков, А.П. Богачев. – № 2012111287/05; заявл. 23.03.2012; Опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31.
7. Еренков О.Ю. Исследование нового способа токарной обработки термопластов на основе предварительного обкатывания заготовок/О.Ю. Еренков, А.П. Богачев, Е.В. Яворская// Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. №11. – С.24–28.
8. Еренков О.Ю. Токарная обработка полимерных материалов с предварительным поверхностным деформированием заготовок/ О.Ю.Еренков, А.С. Верещагина, Е.Г. Кравченко// Вестник машиностроения. 2016. №2. С. 80–82.

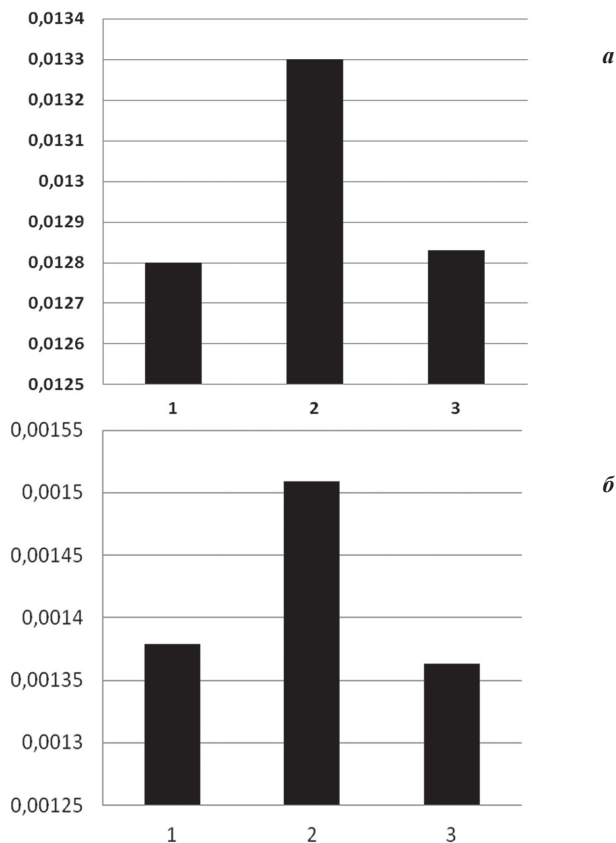


Рис. 4. Среднее значение массы воды, поглощенной на единицу поверхности: а) текстолит; б) капролон. 1 – исходная заготовка; 2 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН; 3 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН и последующим точением.

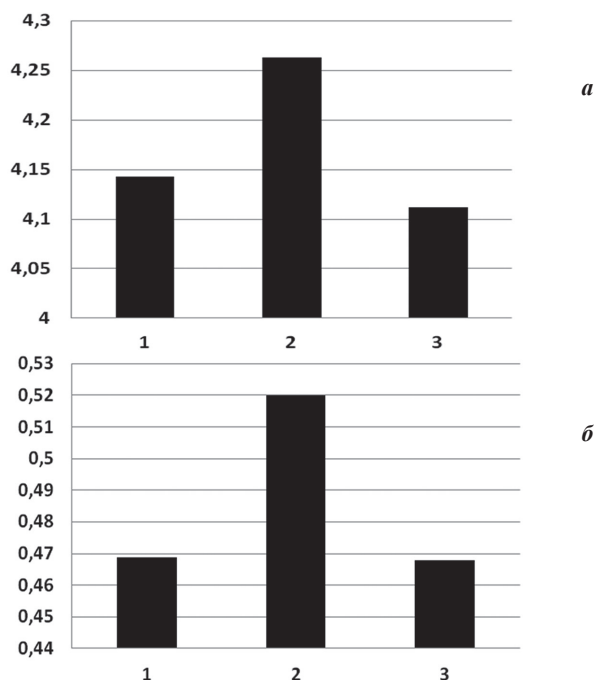


Рис. 5. Среднее значение массовой доли воды: а) текстолит; б) капролон. 1 – исходная заготовка; 2 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН; 3 – заготовка после обкатывания с усилием 3 кН и последующим точением.