



УДК 621.002.3:678.5

© *А. В. Гаврилова, В. В. Заев, 2008***АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТИ
ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПОСЛЕ ИХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Гаврилова А. В. – асп. кафедры «Технология деревообработки»; *Заев В. В.* – канд. техн. наук, доц. кафедры «Машини и оборудование лесного комплекса» (ТОГУ)

В статье представлены результаты исследований твердости обработанной поверхности деталей в зависимости от условий механической обработки заготовок из полимерного материала. Сравнительную оценку изменения прочности и твердости конкретного материала для каждого способа обработки производили с помощью коэффициента упрочнения. Полученные результаты обоснованы физико-химическими свойствами исследуемых материалов.

The investigation results on hardness of machined surface of a part depending on the machining conditions for the part from polymeric material are given. A comparative estimation of strength and hardness variation for every way of machining was made with the coefficient of strengthening. The results obtained are dictated by physico-chemical properties of the materials under investigation

Одним из основных физико-механических свойств конструкционных материалов, в том числе и полимерных, является твердость. Твердость, определенная вдавливанием наконечника, характеризует сопротивление пластической деформации, при этом измерение твердости можно рассматривают как местные механические испытания поверхностных слоев материала. Измерение твердости имеет широкое и универсальное значение. Результаты измерений твердости могут служить базой для определения коэффициента упрочнения, уровня остаточных напряжений, степени деструкции поверхностного слоя, предела текучести, предела прочности и истинного сопротивления разрыву материала [1, 2].

Цель экспериментальных исследований – определение твердости обработанной поверхности в зависимости от условий механической обработки заготовок из полимерного материала.

В качестве исследуемых материалов выбраны такие представители термореактивных и термопластичных пластмасс, детали и изделия из которых широко применяются в машиностроении, а именно: капрон, фторопласт-4 и текстолит.

Исследования проводились в следующей последовательности. На начальном этапе измеряли твердость необработанных заготовок. Твердость определяли в соответствии с положениями ГОСТ 4670-91 путем вдавливания стального шарика в испытуемый образец по методу Бриелля. Затем производилась токарная обработка одной части заготовок, а другая часть заготовок подвергалась комбинированной обработке, а именно – предварительному сжатию и последующей токарной обработке, после чего производили определение твердости обработанной поверхности. Величина сжимающего усилия на стадии предварительного сжатия заготовок составляла $\sigma_n < (0,6 - 0,8)\sigma_s$, где σ_n – напряжения, создаваемые в заготовке усилием сжатия; σ_s – предел вынужденной эластичности полимерного материала (в случае текстолита вместо величины σ_s следует подставлять значение разрывного напряжения σ_p).

Завершающий этап эксперимента заключался в исследовании стабильности твердости материала заготовок, подвергшихся токарной и комбинированной обработке, в течение длительного интервала времени. В данных исследованиях длительность интервала выдержки заготовок составляла 120 часов. Условия хранения заготовок (температура, влажность, уровень освещенности) поддерживались постоянными в течение всего эксперимента.

Токарную обработку проводили на универсальном токарно-винторезном станке 16К20. Режимы резания, материал и геометрические параметры режущего инструмента выбирались на основе результатов исследований, проведенных ранее [2, 3]. Сравнительную оценку изменения прочности конкретного материала для каждого способа обработки можно произвести с помощью коэффициента упрочнения, который рассчитывается по формуле

$$N = \frac{HB_o - HB_n}{HB_n},$$

где HB_o – твердость обработанной поверхности заготовки; HB_n – начальная твердость необработанной поверхности заготовки.

Положительное значение коэффициента N свидетельствуют о повышении твердости обрабатываемой поверхности, а если значение ко-



ээффициента N имеет отрицательное значение, то это означает, что имеет место разупрочнение материала заготовки.

В табл. 1 сведены результаты определения твердости как исходного материала, так и обработанной поверхности заготовок, а также соответствующие значения коэффициентов упрочнения.

Таблица 1

Данные по твердости материала заготовок

Способ обработки заготовок	Материал заготовок		
	Твердость материала (по Бринеллю)		
	Коэффициент упрочнения		
	Капролон	Фторопласт	Текстолит
Точение	<u>179,6</u>	<u>41,1</u>	<u>200,4</u>
	0,21	0,175	- 0,11
Предварительное сжатие + точение	<u>168,8</u>	<u>38,4</u>	<u>215,8</u>
	0,15	0,13	- 0,023
Необработанные заготовки	152,8	34,7	220,2

Сопоставление данных эксперимента (табл.1), показывает, что токарная обработка заготовок из термопластов как после предварительного сжатия, так и без него, приводит к повышению твердости обработанной поверхности. Коэффициент упрочнения в случае обработки капролона составляет 0,21 и 0,15, для фторопласта 0,175 и 0,13. Для текстолита коэффициенты равны – 0,11 и – 0,023 соответственно для токарной и комбинированной обработки, что свидетельствует о том, что твердость текстолита снижается после соответствующих обработок.

Для данных материалов (капролон, фторопласт), как показывают значения коэффициента упрочнения, наблюдается снижение прочности обработанной поверхности в случае комбинированной обработки (предварительное сжатие и последующая токарная обработка) по сравнению с твердостью после традиционного точения. Предварительное сжатие заготовки приводит к возникновению в объеме заготовки растягивающих напряжений после снятия сжимающей нагрузки. Во время последующей токарной обработки растягивающие напряжения частично компенсируют сжимающие напряжения в зоне резания, и таким образом эффективность процесса рекристаллизации материала снижа-

ется, что способствуют снижению степени кристалличности материала и соответственно его твердости.

При механической обработке резанием слоистых полимерных материалов типа текстолита происходит разрушение целостности поверхностного слоя детали, удаляется наружный слой полимеризованного связующего, перерезаются армирующие волокна, и происходит их разломачивание. Все это вместе приводит к образованию дефектного, деструктированного поверхностного слоя, физико-химические характеристики которого значительно отличаются от характеристик исходной структуры. Предварительное сжатие заготовок приводит к охрупчиванию части материала, что позволяет несколько снизить уровень термомеханической деструкции поверхностного слоя заготовки при последующей токарной обработке, о чем свидетельствует соответствующее увеличение твердости обработанной поверхности текстолита.

Существенное влияние на качественные показатели обработанной поверхности оказывает явление упругого последействия полимерного материала после механической обработки заготовки. Данное явление приводит к образованию внутренних остаточных напряжений, которые могут повлиять на изменение прочностных показателей детали через некоторый промежуток времени [1,3]. Для проверки этого предположения производили измерение твердости сразу после токарной и комбинированной обработок в разные промежутки времени после их окончания, максимальное время выдержки составляло 120 часов.

На рис. 1, 2, 3 представлены графики зависимости величин твердости обработанной точением поверхности от времени выдержки заготовок до измерения.

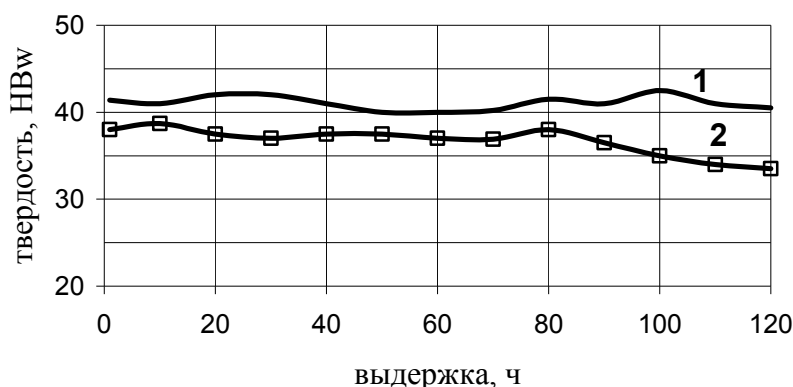


Рис. 1. Твердость обработанной поверхности фторопласта в зависимости от времени выдержки после обработки: 1 – точение; 2 – предварительное сжатие и точение

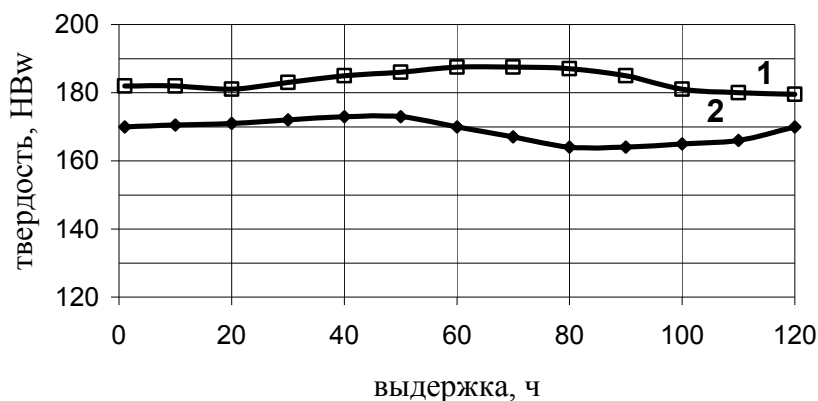


Рис. 2. Твердость обработанной поверхности капролона в зависимости от времени выдержки после обработки: 1 – точение; 2 – предварительное сжатие и точение

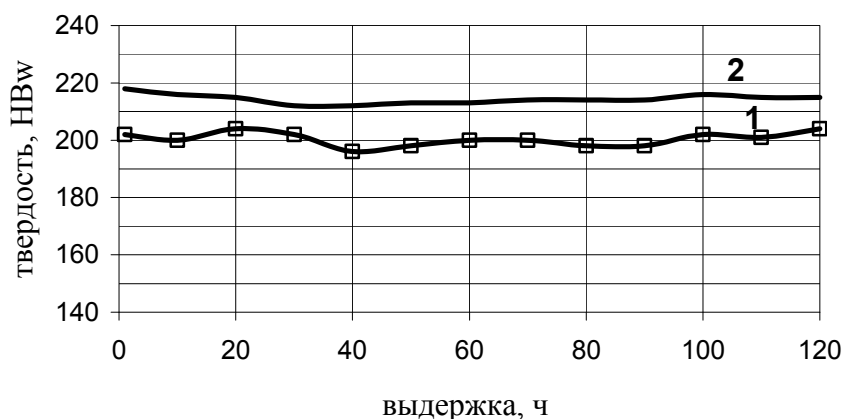


Рис. 3. Твердость обработанной поверхности текстолита в зависимости от времени выдержки после обработки: 1 – точение; 2 – предварительное сжатие и точение

Как следует из анализа данных, выдержка исследуемых образцов до начала измерения незначительно влияет на его конечный результат. Наблюдаемые незначительные, в пределах 5–8 процентов, отклонения твердости поверхности исследуемых материалов после токарной и комбинированной обработки объясняются неравномерностью распределения фаз по длине и сечению заготовки, наличием и случайным расположением микродефектов в объеме материала. Для случая обработки текстолита колебания значений твердости в значительной степени обусловлены высокой гетерогенностью структуры материала.

Таким образом, на основании вышеизложенных результатов исследований можно заключить следующее:



1. Токарная обработка заготовок из капролона и фторопласта-4 приводит к повышению твёрдости обработанной поверхности; точение заготовок после их предварительного сжатия также приводит к упрочнению поверхностного слоя, однако при этом варианте обработки степень упрочнения меньше по сравнению с традиционной токарной обработкой.

2. В случае обработки заготовок из текстолита имеет место разупрочнение обработанной поверхности как для варианта токарной обработки, так и для варианта комбинированной.

3. Для каждого исследуемого материала, независимо от способа обработки заготовок, прочность имеет приблизительно постоянные значения до определенной величины подачи, при превышении которой наблюдается плавное снижение твердости обработанной поверхности.

4. Влияние упругого восстановления материала после проведения токарной или комбинированной обработки на значение твердости при выбранных условиях обработки не проявляется.

Библиографические ссылки

1. Подураев В. Н. Технология физико-химических методов обработки. М., 1985.
2. Еренков О. Ю. Исследование комбинированного способа токарной обработки заготовок из полимерных материалов после предварительного термомеханического воздействия // Вестник машиностроения. 2006. № 7.
3. Штучный Б. П. Механическая обработка пластмасс: Справочник. М., 1987.
4. Карташов Э. М., Цой Б., Шевелев В. В. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. М., 2002.
5. Кабалдин Ю. Г., Шпилев А. М. Самоорганизующиеся процессы в технологических системах обработки резанием. Диагностика и управление. Владивосток, 1998.