

Влияние опережающего поверхностного деформирования на качество обработанной резанием поверхности термореактивных полимерных материалов

The effect of preliminary surface deformation on the quality of the surface of thermosetting polymer materials treated by cutting

О.Ю. ЕРЕНКОВ, Д.О. ЯВОРСКИЙ

O.YU. ERENKOV, D.O. YAVORSKII

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Россия

Pacific State University, Khabarovsk, Russia

erenkov@list.ru

Статья посвящена исследованиям качественных параметров токарной обработки заготовок из термореактивных полимерных материалов. Токарная обработка исследуемых материалов производится в комбинации с опережающим поверхностным деформированием заготовок путем обкатывания. Экспериментально доказано, что реализация опережающего поверхностного деформирования материала заготовок из реактопластов обеспечивает повышение качества обработанной точением поверхности. Об этом свидетельствуют значения геометрических параметров шероховатости и отклонения форм обработанной поверхности.

Ключевые слова: термореактивные полимерные материалы, точение, поверхностное деформирование, обкатывание, шероховатость, отклонения формы

The article is devoted to the study of qualitative parameters of turning workpieces made of thermosetting polymer materials. Turning of the materials under study is carried out in combination with preliminary surface deformation of the workpieces by rolling. It has been experimentally proven that the implementation of advanced surface deformation of the material of workpieces made of thermoset plastics ensures an increase in the quality of the surface processed by turning. This is evidenced by the values of the geometric parameters of roughness and deviation of the shapes of the processed surface.

Keywords: thermosetting polymer materials, turning, surface deformation, rolling, roughness, shape deviations

DOI: 10.35164/0554-2901-2025-03-46-48

Введение

В настоящее время известны технические решения [1–3], направленные на повышение качества токарной обработки труднообрабатываемых материалов, к которым в полной мере относят термореактивные полимерные материалы – реактопласты. Техническая сущность известных решений заключается в направленном изменении свойств обрабатываемого материала с целью обеспечения благоприятных условий для получения высокого качества обработанной резанием поверхности. В работе [4] представлены результаты экспериментального исследования влияния поверхностного деформирования полимерных материалов, как индивидуальной операции, так и в сочетании с последующим точением заготовок, на такие эксплуатационные характеристики материала, как прочность, твердость и влагопоглощение. Поверхностное деформирование заготовок из исследуемых материалов производили путем обкатывания. Экспериментально доказано, что предварительное обкатывание заготовок не приводит к снижению исследуемых эксплуатационных характеристик полимерных материалов.

Цель данной работы – исследование характеристик качества обработанной точением поверхности термореактивных полимерных материалов с применением опережающего поверхностного деформирования заготовок путем обкатывания.

Методика экспериментальных исследований

В качестве исследуемых материалов выбраны термореактивные полимерные материалы – реактопласты, которые интенсивно применяются для изготовления широкой номенклатуры деталей и изделий различного служебного назначения: гетинакс марки 1 (ГОСТ 2118–74) и текстолит марки ПТК (ГОСТ 5–78).

Токарную обработку заготовок из исследуемых реактопластов проводили на универсальном токарно-винторезном станке модели 16K20Ф3С47. Режимы резания, материал и геометрические параметры режущего инструмента выбирали на основе результатов ранее проведенных исследований [1].

Качество обработанной точением поверхности оценивали по значениям геометрических параметров шероховатости и отклонений от правильной геометрической формы. Шероховатость поверхности контролировали при помощи профилометра TR 200 (США). В качестве выходных из номенклатуры параметров шероховатости согласно ГОСТ 2789–73 выбраны: среднее арифметическое отклонение профиля R_a , высота неровностей профиля по десяти точкам R_z , наибольшая высота неровностей профиля R_{max} , средний шаг неровностей профиля S_m . Также определялись наиболее значимые параметры шероховатости в соответствии с международным стандартом ISO 4288–2014: расстояние от вершины наибольшего выступа профиля до средней линии R_p , расстояние от дна наибольшей впадины профиля до средней линии R_m , асимметрия профиля R_{Sk} .

Контроль отклонений формы обработанных поверхностей производили с использованием цифрового измерительного комплекса Rondcom 41C (Япония) по следующим показателям: отклонение от цилиндричности и отклонение от круглости.

Для реализации операции обкатывания заготовок было использовано запатентованное специальное устройство, конструкция и принцип действия которого подробно изложены в [1]. Во время экспериментов величина усилия деформирования поверхностного слоя материала заготовок из гетинакса и текстолита составляла 1 кН.

Экспериментальные исследования

Результаты экспериментальных исследований и их анализ

На рис. 1 и 2 представлены профилограммы обработанной поверхности текстолита и гетинакса соответственно. Такие профилограммы могут использоваться для визуального и оперативного контроля уровня шероховатости. Анализ данных профилограмм подтверждает эффективность токарной обработки после проведения опережающего поверхностного деформирования материала заготовок. Об этом свидетельствуют более равномерные профили отклонений впадин и выступов обработанной поверхности по

сравнению с профилями для поверхности, обработанной только точением.

Численные значения параметров шероховатости (таблица 1) подтверждают эффективность опережающего поверхностного деформирования, которое позволяет получить впоследствии более качественный поверхностный слой детали по сравнению с вариантом традиционного точения заготовок. Об этом свидетельствует характер изменения контролируемых параметров шероховатости. Так, параметр R_a снижается в 3 раза для текстолита и в 2,3 раза для гетинакса; параметр R_z – в 2,6 раза для текстолита и в 2,3 раза для гетинакса; параметр R_{max} – в 2,1 раза для текстолита и в 2,6 раза для гетинакса. Численные значения остальных геометрических параметров шероховатости обработанной поверхности исследуемых материалов также подтверждают тот факт, что применение предварительного обкатывания положительно влияет на формирование шероховатости.

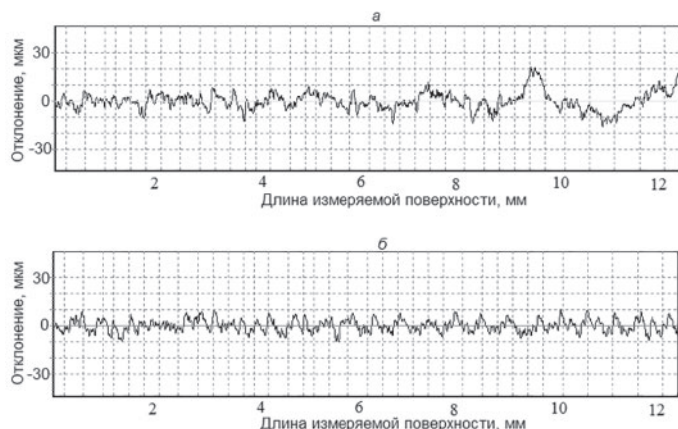


Рис. 1. Профилограмма поверхности текстолита: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

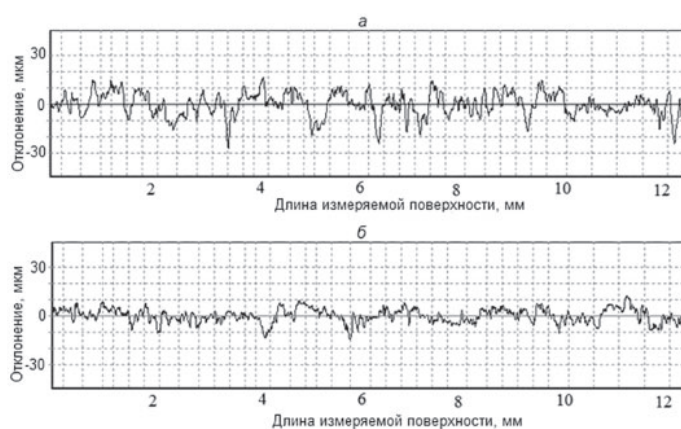


Рис. 2. Профилограмма поверхности гетинакса: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

Положительный результат снижения шероховатости обработанной поверхности в случае применения предварительного обкатывания заготовок можно объяснить на основе положений термофлуктуационной теории прочности полимеров [5–7]. Во время поверхностного деформирования материала под действием сжимающих напряжений происходит разрушение части химических связей полимера, что способствует интенсивному развитию имеющихся и образованию новых суб- и микротрещин в структуре материала, т.е. имеет место эффект технологического разупрочнения поверхностного слоя заготовки. Такой эффект обеспечивает при

последующем точении более устойчивое развитие магистральной трещины резания вдоль линии среза, что является предпосылкой снижения шероховатости обработанной поверхности, так как снижается вероятность образования вырывов, сколов и подобных дефектов обрабатываемого резанием материала.

Ниже представлены результаты исследования отклонений формы, обработанной точением поверхности исследуемых материалов: отклонение от цилиндричности (рис. 3 и 4) и отклонение от круглости (рис. 5 и 6) соответственно.

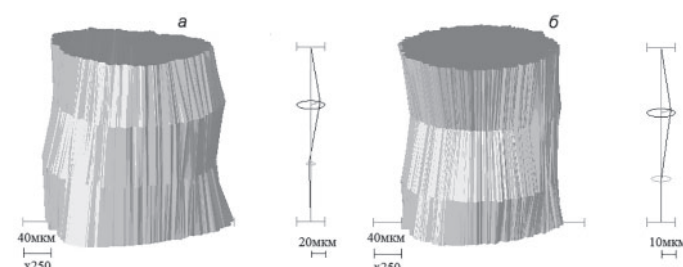


Рис. 3. Отклонение от цилиндричности обработанной поверхности детали из гетинакса: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

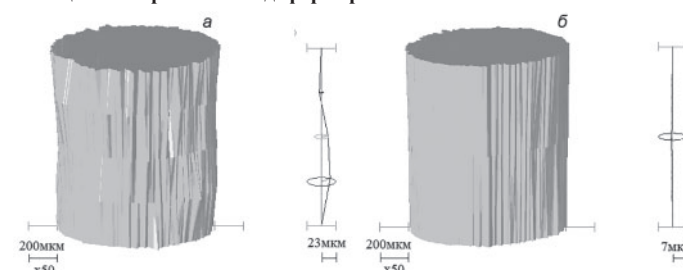


Рис. 4. Отклонение от цилиндричности обработанной поверхности детали из текстолита: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

Анализ данных по отклонению от цилиндричности поверхности гетинакса (рис. 3) показывает, что предварительное обкатывание заготовок из гетинакса приводит к снижению отклонения от цилиндричности в 2 раза. Так, в случае токарной обработки заготовки из гетинакса максимальное отклонение от цилиндричности составляет 20 мкм, после точения с предварительным обкатыванием заготовки данное отклонение не превышает 10 мкм. В случае обработки заготовки из текстолита имеет место более значительное (в 3,28 раза) снижение отклонения от цилиндричности. В случае обычной токарной обработки заготовки максимальное отклонение от цилиндричности составляет 23 мкм; после точения с предварительным обкатыванием заготовки – 7 мкм (рис. 4).

Анализ результатов исследования обработанной поверхности текстолита (рис. 5) позволил установить, что применение опережающего обкатывания заготовок также способствует снижению значения отклонения от круглости. Значения отклонения от круглости после токарной обработки заготовок традиционным способом составляет 32 мкм, после обработки с предварительным обкатыванием – 15 мкм. В случае обработки заготовки из гетинакса (рис. 6) максимальное отклонение от круглости составляет 23 мкм, после точения с предварительным обкатыванием заготовки – 11 мкм.

Таким образом, на основании анализа полученных экспериментальных данных доказано, что применение предварительного обкатывания заготовок приводит к заметному снижению таких показателей отклонений формы обработанных поверхностей, как отклонение от круглости и отклонение от цилиндричности. Основой получения таких результатов можно считать эффект технологического разупрочнения поверхностного слоя обрабатываемого

Таблица 1. Шероховатость обработанной поверхности реактопластов.

Материал	Вид обработки	Параметры шероховатости, мкм						
		R_a	R_z	R_{max}	R_p	R_m	S_m	Rs_k
Гетинакс	Обкатывание и точение	4,39	15,18	22,12	10,76	12,31	0,29	0,05
	Точение	10,18	36,25	57,83	26,44	21,95	0,25	0,69
Текстолит	Обкатывание и точение	3,38	15,89	22,39	11,54	11,71	0,25	–0,23
	Точение	9,83	39,31	47,43	26,27	22,16	0,21	0,56

материала под действием деформирующего элемента обкатывающего устройства.

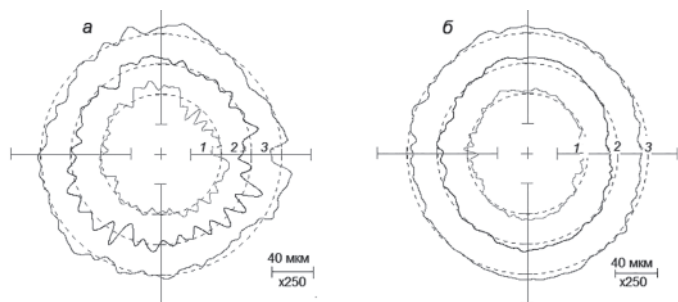


Рис. 5. Отклонение от круглости обработанной поверхности детали из текстолита: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

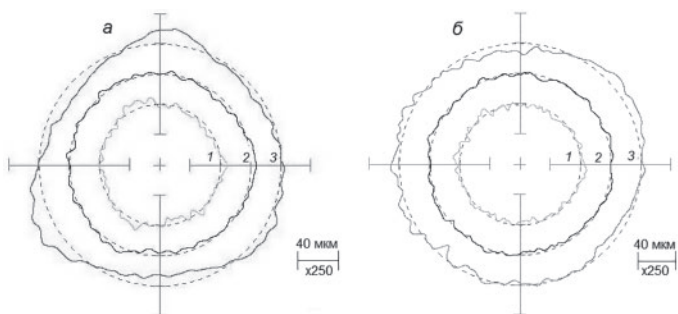


Рис. 6. Отклонение от круглости обработанной поверхности детали из гетинакса: а – традиционное точение; б – точение после опережающего поверхностного деформирования.

За счет воздействия деформирующего элемента создается зона предварительного разрушения в объеме материала перед режущей кромкой инструмента, что обеспечивает минимальные значения колебаний технологической системы «станок – инструмент – заготовка», стабильность процесса резания и, следовательно, повышенную точность токарной обработки.

Выводы

На основе анализа механизма термофлуктуационного разрушения материалов обоснована и экспериментально подтверждена целесообразность применения предварительного обкатывания заготовок из термореактивных полимерных материалов для уменьшения прочности поверхностного слоя за счет понижения энергии активации процесса разрыва связей в материале и повышения на этой основе качества последующей токарной обработки.

Экспериментально доказано, что токарная обработка термореактивных материалов типа гетинакса и текстолита с использованием опережающего поверхностного деформирования обеспечивает более высокое качество обработанной поверхности. Об этом свидетельствует снижение значений контролируемых параметров шероховатости по сравнению с вариантом традиционного точения.

Доказано экспериментальным путем, что применение предварительного обкатывания заготовок приводит к заметному снижению таких показателей отклонений формы обработанных поверхностей, как отклонение от круглости и отклонение от цилиндричности.

Включение в технологический процесс механической обработки полимерных материалов операции предварительного обкатывания заготовок является целесообразным, так как ранее проведенными исследованиями [4] установлено, что применение предварительного обкатывания заготовок не приводит к снижению эксплуатационных характеристик материалов и, соответственно, работоспособности и надежности деталей из реактопластов.

Литература

1. Еренков О.Ю. Комбинированные способы точения полимерных материалов: монография. Курск: Университетская книга. 2021. 194 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45655288>.
2. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов: Учебное пособие для вузов. М.: Машиностроение, 1974. 587 с. <https://lib-bkm.ru/load/21-1-0-2693>.
3. Подураев В.Н. Технология физико-химических методов обработки. М.: Машиностроение, 1985. 264 с. <https://www.libex.ru/detail/book605459.html>.
4. Еренков О.Ю., Исаев С.П., Лопушанский И.Я. Исследование физико-механических свойств полимерных материалов после поверхностного деформирования заготовок // Пластические массы. 2020. №7–8. С. 37–39. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44788904>.
5. Карташов Э.М., Цой Б., Шевелев В.В. Структурно-статистическая кинетика разрушения полимеров. М.: Химия, 2002. 736 с. <https://f.eruditor.link/file/2746049/>.
6. Аскадский А.А. Деформация полимеров. М.: Химия, 1973. 448 с. https://www.studmed.ru/askadskiy-aa-deformaciya-polimerov_06df4a6fddb.html.
7. Журков С.Н. Кинетическая природа прочности твердых тел // Физика твердого тела. 1987. Т. 29, №1. С. 156–169. <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=37651350>.