

А. Т. Янчат^{1}, И. К. Кабардин¹, С. В. Какаулин¹, М. Р. Гордиенко¹*

Исследование процесса образования льда на войлочном фторполимерном покрытии методом фазовой триангуляции

¹ Институт теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: yanchat777@gmail.com

Аннотация. Исследование процесса образования льда на войлочном фторполимерном покрытии методом фазовой триангуляции для измерения геометрических параметров наледи представляет собой значимую задачу в области метеорологии и техники безопасности. В данной работе исследовалась эффективность использования фторопластовых войлочных материалов, включая волокнистый политетрафторэтилен (ПТФЭ), в качестве супергидрофобных поверхностей для предотвращения обледенения. Проведены эксперименты по изменению морфологии поверхности материала с использованием термического прессования, что позволило создать поверхность с оптимальными гидрофобными свойствами. Результаты исследования подтвердили эффективность супергидрофобных материалов в предотвращении обледенения, что имеет важное значение для обеспечения безопасности в арктических условиях.

Ключевые слова: обледенение, волокнистый ПТФЭ, супергидрофобные материалы, фазовая триангуляция, геометрические параметры наледи, термическое прессование

A. T. Yanchat^{1}, I. K. Kabardin¹, S. V. Kakaulin¹, M. R. Gordienko¹*

Study of the Ice Formation Process on Felted Fluoropolymer Coatings Using Phase Triangulation Method

¹ Kutateladze Institute of Thermophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian Federation
* e-mail: yanchat777@gmail.com

Abstract. The study of the ice formation process on felted fluoropolymer coatings by phase triangulation method for measuring ice geometric parameters presents a significant task in meteorology and safety engineering. This research investigates the effectiveness of fluoropolymer felt materials, including fibrous polytetrafluoroethylene (PTFE), as superhydrophobic surfaces to prevent icing. Experiments were conducted to alter the surface morphology of the material using thermal pressing, allowing the creation of a surface with optimal hydrophobic properties. The results confirm the effectiveness of superhydrophobic materials in preventing icing, which is crucial for ensuring safety in Arctic conditions.

Keywords: icing, fibrous PTFE, superhydrophobic materials, phase triangulation, ice geometric parameters, thermal pressing

Введение

Исследование процесса образования льда на войлочном фторполимерном покрытии [1] методом фазовой триангуляции [2] для измерения геометрических параметров наледи представляет собой актуальную задачу в области метеорологии и техники безопасности.

В работе были исследованы фторопластовые войлочные материалы, как один из типов супергидрофобных материалов. Эти материалы обладают поверхностями с необходимой шероховатостью для достижения супергидрофобности. Однако, из-за технологической сложности получения волокон из политетрафторэтилена (ПТФЭ), известные методы формования, использующие растворы полимеров, не подходят для ПТФЭ из-за его нерастворимости.

В то же время, ПТФЭ является перспективным материалом, благодаря его химической и термической стойкости, низкому коэффициенту трения и экологическим свойствам. Единственным способом получения волокон из ПТФЭ является лазерная обработка блочного полимера. Нетканые материалы из ПТФЭ производятся в виде ваты и войлока, причем войлок более удобен для практического применения.

Стойкость к солевым, кислотным и щелочным растворам играет важную роль для супергидрофобных материалов, включая материалы на основе волокнистого ПТФЭ.

Экспериментальная установка

Экспериментальная установка по искусственному обледенению представляла собой климатическую трубу, оснащенную трубами Ранка, холодный конец которых был направлен в климатическую трубу (рис. 1).

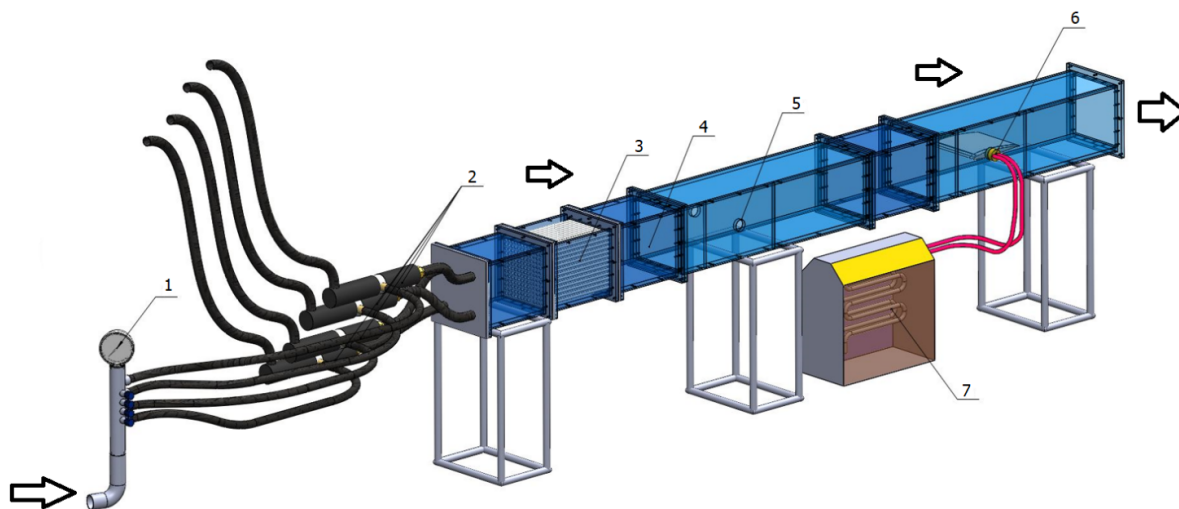


Рис. 1. Схема установки для исследования обледенения при обтекании образца охлажденным воздухом: 1 – вход в трубы Ранка, 2 – трубы Ранка, 3 – хонейкомб, 4 – секция рабочего канала, 5 – технологические отверстия под объект, 6 – исследуемый объект, 7 – холодильная машина

Холодильная мощность каждой трубы Ранка при избыточном давлении 6 бар порядка 800 Вт, минимальная температура достигается при 7 бар и составляет -22°C . Стенд также оснащен холодильной машиной для охлаждения объекта в потоке, но в данной работе машина не использовалась. Скорость потока –

порядка 3 м/с. Объект находился на расстоянии 2 м от выходов воздуха из труб Ранка. Температура внутри трубы измерялась на расстоянии 0,1 м за объектом.

Результаты

В работе исследовались методы, позволяющие изменять морфологию поверхности войлочных образцов материала. Один из таких методов – термическое прессование, который позволяет регулировать шероховатость поверхности и пористость материала. Для этого образец нетканого материала помещали между полиамидными пленками, затем его закладывали между полированными металлическими листами и подвергали обработке в ручном гидравлическом прессе при определенной температуре и давлении. При низких значениях давления и температуры материал сохранял свою волокнистую структуру, но при увеличении этих параметров в точках соприкосновения волокон происходило их сплавление. При высоких температуре и давлении образец превращался в сплошную пленку с измененной шероховатостью поверхности, что также придавало ему супергидрофобные свойства.

Для оценки эффективности борьбы с обледенением были проведены эксперименты на тестовых поверхностях различных типов. Результаты тестов оценивались по энергозатратам и остаточному обледенению после применения противообледенительных методов. Оптимальные параметры противообледенительных воздействий определялись в ходе экспериментов, например, при использовании вибрационного и нагревательного методов. Результаты полученного обледенения перед антиобледенительным воздействием представлены на (рис. 2, а, б, в, г).

В работе была использована лазерная обработка блочного полимера для получения волокон ПТФЭ, после чего нетканые материалы были получены в виде ваты и войлока. Для изменения морфологии поверхности и пористости материала была использована методика термического прессования (рис. 3). Результаты показали, что при определенных значениях давления и температуры материал сохраняет свою волокнистую структуру, а при более высоких параметрах происходит сплавление волокон, что приводит к образованию сплошной пленки с другой шероховатостью.

В этой работе было исследовано применение фторопластовых войлочных материалов как одного из классов супергидрофобных материалов. Эти материалы обладают требуемой шероховатостью поверхности, необходимой для достижения супергидрофобности. Однако, процесс получения волокон политетрафторэтилена (ПТФЭ) является технологически сложным из-за его нерастворимости, что ограничивает применение известных методов формования.

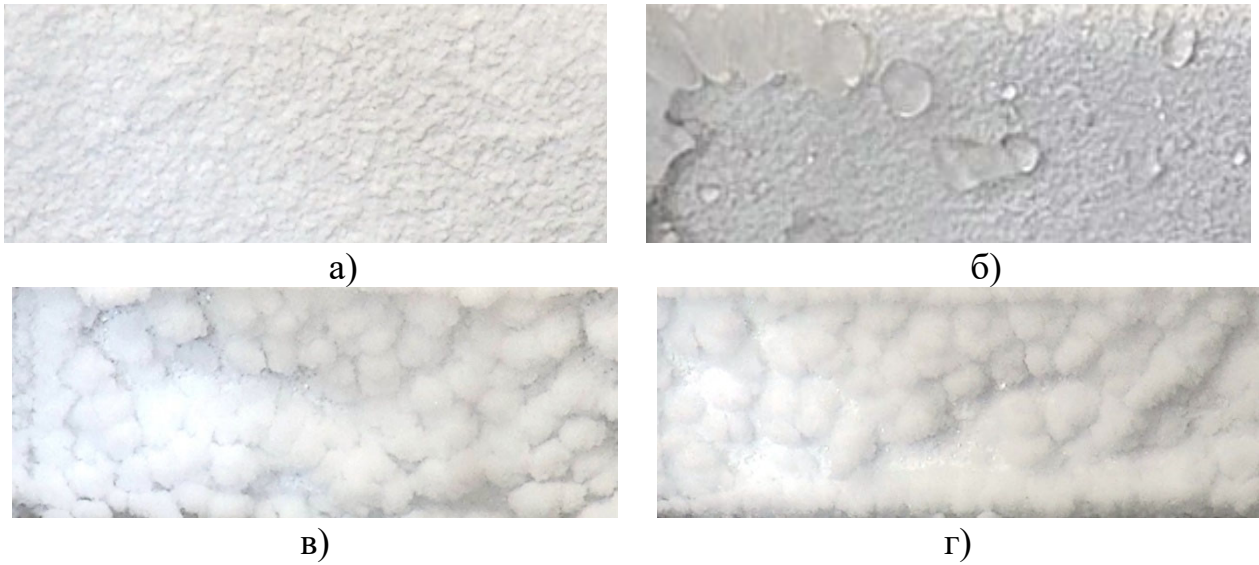


Рис. 2. Обледенение материала на основе волокнистого ПТФЭ:
 а) образец материала, б) обледенение материала в форме наледи, в) обледенение материала перед нагревательным воздействием, г) обледенение материала перед вибрационным воздействием

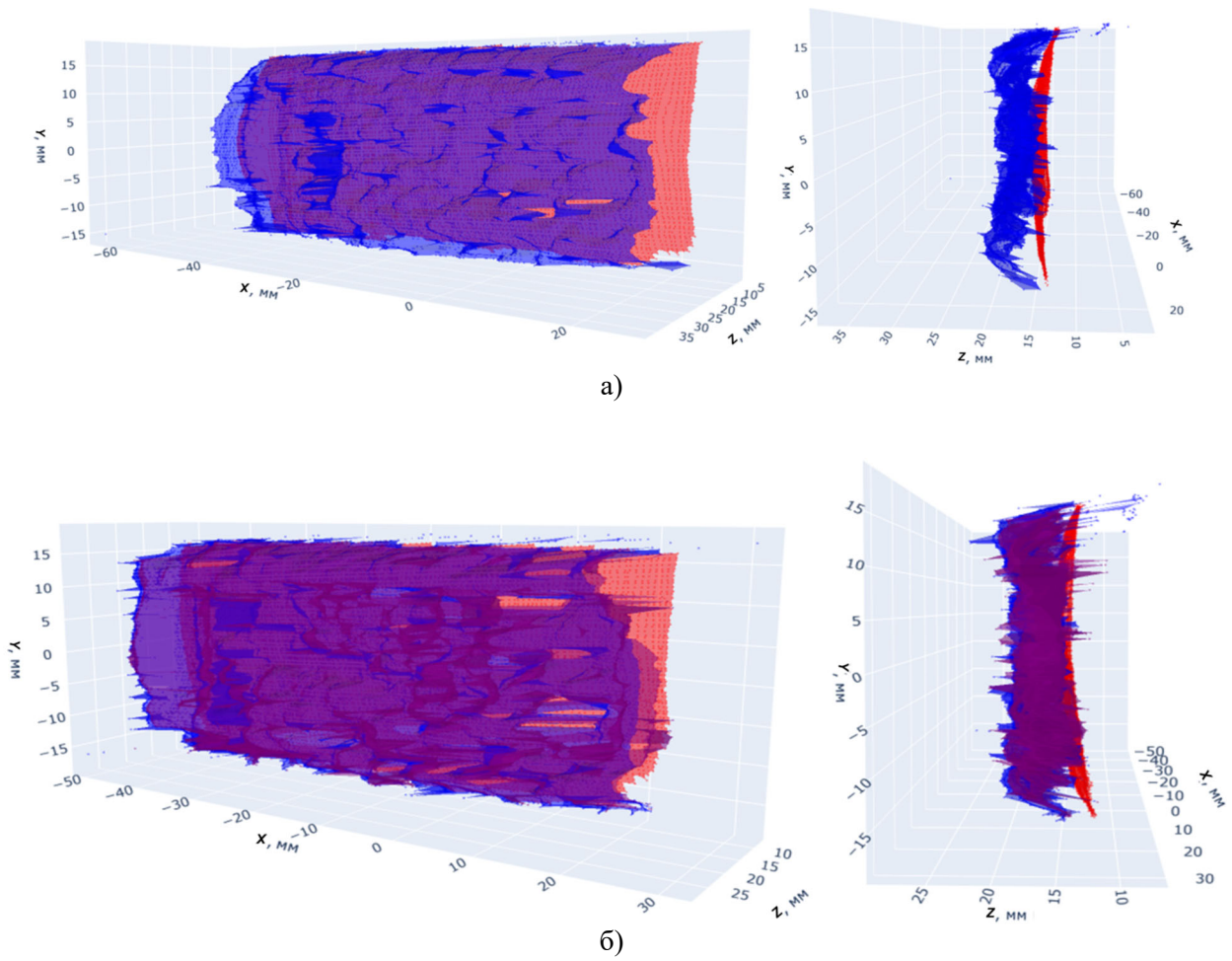


Рис. 3. Обледенение материала до нагрева (а) и после нагрева (б)

Заключение

Работа, подчеркивает значимость метода фазовой триангуляции для измерения геометрических параметров наледи на войлочном фторполимерном покрытии и его потенциал для практического применения. Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение области применения метода и оптимизацию программно-аппаратного комплекса для повышения точности измерений.

Благодарности

Работа выполнена в рамках государственного задания ИТ СО РАН.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гринац Э.С., Миллер А.Б., Потапов Ю.Ф., Стасенко А.Л. Экспериментальные и теоретические исследования процессов обледенения наномодифицированных супергидрофобных и обычных поверхностей // Вестник МГОУ. Сер.: Физика – Математика. – 2013. – №3. – С. 84–92.
2. В.О. Зуев, С.В. Двойнишников, В.Г. Меледин, В.В. Рахманов, О.Ю. Садбаков, И.К. Кабардин. Измерение геометрических параметров наледи методом фазовой триангуляции в ограниченном объеме с преломлением оптических сигналов // Теплофизика и аэромеханика. – 2023. – №1. – С. 115–126.

© А. Т. Янчат, И. К. Кабардин, С. В. Какаулин, М. Р. Гордиенко, 2024