

# НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЙ НА СКОЛЬЗЯЩУЮ ПОВЕРХНОСТЬ ЛЫЖ

В.Н. Хмелев, С.В. Левин, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов, Е.В. Чипурин

Бийский технологический институт

Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова

*Аннотация* – В статье представлены результаты исследования по созданию новой технологии нанесения покрытий на скользящую поверхность беговых лыж. Полученные результаты исследований позволили подтвердить эффективность предложенной технологии и рекомендовать её для практического применения. В результате выполнения работы создан специализированный ультразвуковой аппарат для нанесения покрытия на скользящую поверхность лыж.

## 1. Введение

Занятие лыжным спортом, также как лыжные прогулки и походы, невозможно представить без использования специальных покрытий (лыжных смазок). Лыжные смазки применяют для того, чтобы лыжи хорошо скользили – лыжники говорят «катили», и не проскальзывали назад – на языке лыжников «держали». Поэтому все смазки разделяют на две большие группы: мази скольжения или парафины, которые обеспечивают наилучшее скольжение, мази держания или просто лыжные мази, которые обеспечивают отсутствие проскальзывания, «держат».

Парафины разделяются на две группы: без фтора (простые) и фтористые [3]. Для увеличения скорости бега применяют ускорители (обычно 100% фтороуглерод). При применении парафинов с добавками фтора учитывается не только температура воздуха, но и его влажность, а также тип и структура снега.

Скользкая поверхность современных лыж выполнена из полиэтиленов различных сортов и качеств. В гоночных моделях лыж скользящая поверхность изготавливается из аморфных полиэтиленов с высоким молекулярным весом. Различаются они содержанием добавок, например, графита (чёрная скользящая поверхность) или фтороуглерода (цветные вкрапления в пластике), «впекаемого» в структуру пластика. Полиэтилен состоит из маленьких кристаллов, окружённых менее структурированным аморфным материалом. При нанесении покрытий по современной технологии, то есть при нагревании скользящей поверхности лыж, некоторые из кристаллов начинают плавиться прежде, чем весь материал (при температуре приблизительно 135<sup>0</sup>С). Когда парафин вплавляется утюгом в скользящую

поверхность, жидкий парафин проникает между кристаллами и смешивается с аморфным материалом. Это значит, что происходит не только насыщение скользящей поверхности парафином, но и непосредственно изменяется её химическая структура.

Обработка поверхности лыжи парафином не только улучшает качество скольжения, но и предохраняет поверхность от механического разрушения кристаллами льда, механическими загрязнениями снега. К сожалению, даже качественно нанесенное парафиновое покрытие разрушается при эксплуатации лыж и туристу приходится повторять трудоемкую операцию ежедневно, а спортсмену - многократно в течение соревнований.

практическая реализация современной технологии нанесения парафина на скользящую поверхность лыж осуществляют применением разогретых утюгов различной конструкции. При этом, разогретый парафин заполняет дефекты поверхности. Осуществляется это следующим образом. Подносится нагретый утюг носком вниз к концу лыжи, но так, чтобы носок не касался скользящей поверхности, и прижимается к подошве утюга брусок мази. Если температура утюга будет выше 100<sup>0</sup>С, то при остановке утюга влага, проникшая под скользящий слой у канта, вскипит и пар может повредить в этом месте скользящий слой. При температуре 135<sup>0</sup>С молекулы полиэтилена начинают разрушаться, возникают прогары в скользящей поверхности лыжи. Чтобы обеспечить равномерный прогрев лыжи и наносимого парафина лыжи размещаются в специальном термоконтейнере, где нанесение смазки на скользящую поверхность осуществляется с разогревом поверхности и смазки.

Все используемые в настоящее время варианты термического метода нанесения покрытий обладают общими недостатками:

1. невозможность обеспечения глубокого проникновения парафина в структуру полимерного покрытия лыжи. Улучшить проникновение возможно только путем повышения температуры парафина (снижения его вязкости и расширения пор полимерного покрытия). Однако такой путь на практике реализовать недопустимо из-за меньшей температуры плавления кристаллов полимерного покрытия по сравнению с температурой

плавления окружающего их аморфного материала, в который должен проникать парафин. На практике это приводит к прожогам скользящей поверхности и порче лыж;

2. нанесённый слой быстро разрушается при эксплуатации лыж, поскольку не обеспечивается глубокое проникновение парафина в материал и его длительное выделение на поверхность. В результате происходит освобождение приглаженных парафином ворсинок полимерного материала и образование новых. При движении эти ворсинки снижают скорость и их необходимо либо срезать (шкурить), либо вплавлять в поверхность. И то и другое приводит к ухудшению качества скользящей поверхности и снижению срока эксплуатации дорогостоящих лыж.

## 2. Постановка задач исследования

Проведенный анализ реализуемой в настоящее время технологии подготовки скользящей поверхности лыж, показал ее несостоятельность и необходимость поиска новой технологии нанесения покрытий на скользящую поверхность лыж. Очевидно, что такая технология должна обеспечивать глубинное проникновение парафина в структуру полимерного материала скользящей поверхности при температурах, меньших температуры его плавления при одновременной полировке поверхности и удалении ворсинок.

Анализ функциональных возможностей различных методов энергетического воздействия на скользящую поверхность лыж, позволил установить перспективность применения ультразвуковых технологий, основанных на явлениях ультразвуковой пропитки и низкотемпературной сварки.

Ультразвуковые технологии, применительно к решению проблемы подготовки скользящей поверхности лыж, позволяют реализовать следующие технологические процессы:

1. ультразвуковая пропитка, основанная на звукокапиллярном эффекте и снижении вязкости материалов, обеспечивает ввод расплавленного парафина глубоко в материал поверхности, при низких температурах, т.е. без термического повреждения поверхности. В процессе ввода ультразвуковых колебаний происходит ускорение молекул парафина за счёт возникающей в нём кавитации, и более глубокое их проникновение в скользящую поверхность лыжи. При введении ультразвука в парафин происходит его дегазация, что обеспечивает ровную поверхность парафинового покрытия, без газовых пузырьков - пустот.

2. ультразвуковая сварка, реализуемая при температурах, ниже температуры плавления и основанная на многократном ускорении процессов диффузии обеспечивает не только интенсификацию проникновения парафина в полимерное покрытие, но и позволяет вваривать в поверхность лыжи образовавшиеся на ней волоски (ворсинки).

3. размягчение парафина при температуре, ниже температуры плавления парафина и даже низкотемпературное распыление парафина при применении ультразвуковых колебаний высокой интенсивности.

К несомненным достоинствам ультразвуковой технологии следует отнести возможность исключения непосредственного механического контакта поверхности ультразвукового преобразователя с обрабатываемой поверхностью. Воздействие осуществляется через тонкий слой (2...3 мм) жидкого парафина в кавитирующем состоянии. Это исключает разогрев скользящей полиэтиленовой поверхности до температуры плавления или разложения полиэтилена.

Достаточно очевидная и очень эффективная ультразвуковая технология не используется в настоящее время из-за отсутствия специализированного оборудования. Применение существующего стандартного ультразвукового оборудования невозможно, поскольку при большой площади рабочей излучающей поверхности (соответствующей ширине лыжи) аппарат имеет большие размеры, а аппараты небольших размеров, с малой рабочей поверхностью, имеет недостаточную мощность, для перевода парафина в кавитирующее состояние.

В связи с этим, возникла необходимость в создании специализированного малогабаритного оборудования для обеспечения необходимой и достаточной мощности на заданной площади обработки, включающего в себя:

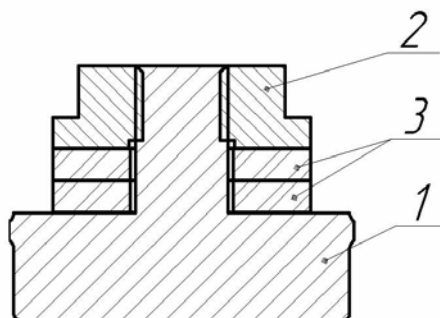
1. специализированную ультразвуковую колебательную систему, имеющую размер рабочей поверхности, превосходящий ширину лыжи и обеспечивающую равномерное распределение ультразвуковых колебаний на излучающей поверхности для обеспечения равномерного нанесения парафина по всей ширине лыжи;

2. генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты для питания колебательной системы, обеспечивающий регулировку выходной мощности и стабилизацию ультразвукового воздействия в процессе обработки поверхности лыж.

### 3. Практическая реализация

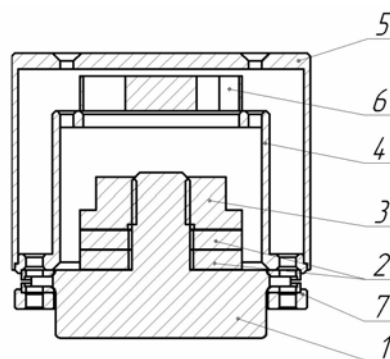
Анализ конструктивных схем ультразвуковых колебательных систем, способных обеспечить максимальную поверхность излучающей поверхности при минимальных габаритах и весе, позволил разработать ультразвуковую колебательную систему, выполненную по полуволновой схеме в виде пьезоэлектрического преобразователя Ланжевена [2]. Разработанная и спроектированная ультразвуковая колебательная система работает следующим образом. При подведении к электродам пьезоэлементов электрического напряжения происходит преобразование электрических колебаний в механические колебания, которые распространяются в колебательной системе и усиливаются за счет выбора продольных и поперечных размеров накладок таким образом, что продольный резонанс всей колебательной системы совпадает с диаметральным резонансом рабочей частотопонижающей накладки.

Внешний вид колебательной системы представлен на рисунке 1.



1 - рабочая накладка, 2 - отражающая гайка, 3 - пьезокерамические элементы  
Рисунок 1 - Колебательная система

Колебательная система крепится в корпус при помощи винтов, вкручивающихся в подложку (рисунок 2). Колебательная система снабжена крепежным фланцем, который зажимается между корпусом и подложкой. Колебательная система снабжена дополнительным защитным корпусом (рисунок 2). Воздух вентилятором через отверстия втягивается в корпус колебательной системы, проходя там, он охлаждает разогревающиеся пьезокерамические элементы.



1 - рабочая накладка, 2 - пьезоэлектрические элементы, 3 - отражающая гайка, 4 - внутренний корпус, 5 - внешний корпус, 6 - вентилятор, 7 - подложка

Рисунок 2 - Колебательная система в сборе

Разработанная колебательная система имеет следующие параметры:

Рабочая частота, кГц	27±3,3
Диаметр рабочей излучающей поверхности, мм	65

Одним из составляющих ультразвукового технологического оборудования является электронный генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты. Он предназначен для питания ультразвуковой колебательной системы.

При работе ультразвуковой колебательной системы происходит нагрев пьезоэлектрической керамики и металлических элементов колебательной системы. Вследствие этого изменяется резонансная частота и добротность. Более того, температурный нагрев пьезоэлектрической керамики изменяет ее электрические параметры, а именно, электрическую емкость и тангенс угла диэлектрических потерь. Так как электрическая емкость пьезоэлементов входит в резонансный электрический контур, то ее изменение приводит к рассогласованию электрического контура.

Для обеспечения максимальной эффективности работы колебательной системы при всех возможных изменениях ее параметров генератор снабжен блоком автоматической подстройки частоты генератора.

Разработанный генератор для питания ультразвуковой колебательной системы имеет следующие параметры:

Рабочая частота, кГц	27±3,3
Пределы регулирования мощности, %	0 - 100
Потребляемая электрическая мощность, Вт	200
Напряжение питания, В	220±22

Внешний вид аппарата представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид аппарата

#### 4. Исследование методических особенностей нанесения покрытий

Необходимым условием успешного применения созданного аппарата является его настройка и калибровка, обеспечивающая мощность, достаточную для эффективной пропитки поверхности, но исключающая повышение температуры до значений, при которых возможно разрушение скользящей поверхности лыж.

Для выбора оптимального режима ультразвукового воздействия и исследования методических особенностей нанесения покрытия при помощи ультразвукового аппарата были проведены измерения температуры излучающей поверхности рабочей накладки при различных мощностях генератора и различных условиях ее охлаждения в процессе эксплуатации аппарата. При исследовании предельного температурного режима работы ультразвукового аппарата (работа без передачи колебаний в технологические среды) было установлено, что увеличение выходной мощности генератора приводит к очень быстрому росту температуры излучающей поверхности, и она может превысить предельно допустимые значения (100...135 °С).

В связи с этим были введены ограничения предельной мощности ультразвукового генератора и установлен режим принудительного охлаждения колебательной системы таким образом, что при любой мощности аппарата (от 50% до 100%) температура излучающей поверхности рабочей накладки не превышала допустимых пределов.

Результаты измерения температура излучающей поверхности при оптимальной настройке ультразвукового аппарата представлены на рисунке 4.

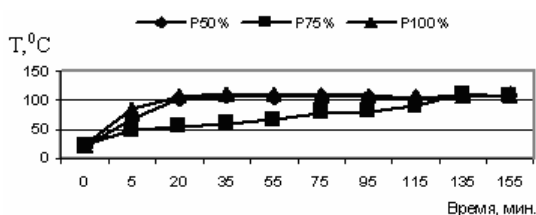


Рисунок 4 – Зависимость температуры излучающей поверхности рабочей накладки от времени при излучении УЗ колебаний в воздух

Из рисунка 4 следует, что температура излучающей поверхности при любых режимах эксплуатации не превышает 100...110°С. Это означает, что касание лыж предварительно прогретым инструментом не приведет к появлению прожогов и порче скользящей поверхности.

При настройке аппарата, во избежание перегрева при работе на 100% мощности в отсутствие парафина, было введено ограничение, обеспечивающее автоматическое отключение аппарата через 5...10 минут работы.

При наличии теплоотдачи через парафин, температурная зависимость излучающей поверхности имеет вид, представленный на рисунке 5.

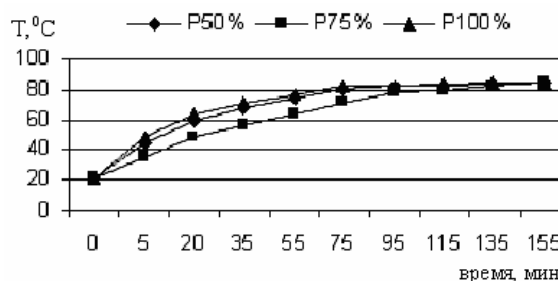


Рисунок 5 - Зависимость температуры излучающей поверхности рабочей накладки от времени при излучении УЗ колебаний в парафин

Из рисунка 5 следует, что температура излучающей поверхности при нанесении на поверхность лыж покрытий не превышает 80...85°С, что ниже температуры плавления полиэтиленов, используемых для покрытий самых простейших лыж. Изменение температуры излучающей поверхности от 100...110°С при нанесении на нее парафина и касании скользящей поверхности до 80...85 °С происходит практически мгновенно и остается постоянным при нанесении парафина на скользящую поверхность (т.е. при перемещении излучающей поверхности вдоль поверхности лыжи).

При этом осуществляется равномерное распределение парафина вдоль скользящей поверхности, введение его в глубину поверхности и удаление ворсинок со скользящей поверхности. Замечено, что удаление ворсинок происходит за счет их колебаний и отрыва от поверхности.

Таким образом, кроме интенсификации процесса пропитки и удаления ворсинок, применение ультразвукового аппарата исключило необходимость применения специальных нагревательных приборов (утюгов) для разогрева парафина.

Выбор оптимального режима настройки созданного ультразвукового аппарата позволил исследовать методические особенности его

эксплуатации и рекомендовать следующую технологию нанесения парафина на скользящую поверхность лыж:

1. Предварительное включение и работа аппарата без нагрузки (на воздух) на мощности 100% в течение 3...5 минут. Такой режим обеспечивает прогрев излучающей поверхности до 80...85<sup>0</sup>С. При такой температуре на поверхности плавится материал покрытия (парафин).

2. Снижение мощности аппарата ниже 100%, не более 75%.

3. Нанесение парафина на скользящую поверхность и работа аппарата на мощности 75...85% неограниченное время.

### 5. Заключение

В результате проведённой работы были выявлены недостатки существующей технологии нанесения парафина на скользящую поверхность лыж, предложена и обоснована новая технология, основанная на использовании свойств ультразвуковых колебаний высокой интенсивности и позволяющая устранить недостатки общепринятой технологии. Для практической реализации предложенной технологии создан специализированный ультразвуковой аппарат «Надежда». Проведённые испытания ультразвукового аппарата «Надежда» подтвердили эффективность предложенной технологии и позволили рекомендовать ее для практического применения.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Холопов Ю.В. Ультразвуковая сварка пластмасс и металлов Л.: Машиностроение. 1988 г.

[2] Донской А.В., Келлер О.К., Кратыш Г.С. Ультразвуковые электротехнические установки Л.: Энергоатомиздат 1982.

[3] Ашутко А. Лыжная смазка, <http://sportnavigator.ru/articles/art07.html>