

реализовать совместное решение измерительных и исполнительных задач в подобных системах.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского фонда фундаментальных исследований (договор № Ф21УЗБГ-003).

УДК 617.57-77+674

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ В ПРОТЕЗОСТРОЕНИИ

Грузд Н.А., Филонова М.И.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. С появлением новых средств и способов обработки лесоматериалов, значительно упростился процесс получения сложных геометрических форм и размеров, что обеспечивает возможность внедрения деталей из древесины в конструкции современных бионических протезов.

Ключевые слова: лесоматериалы, протезостроение, бионические протезы.

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF WOOD MATERIALS IN PROSTHESIS

Gruzd N., Filonova M.

*Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus*

Annotation. With the advent of new means and methods of processing timber, the process of obtaining complex geometric shapes and sizes has been greatly simplified, which makes it possible to introduce wood parts into the designs of modern bionic prostheses.

Key words: timber, prosthetics, bionic prostheses.

*Адрес для переписки: Филонова М.И., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: filonovami@bntu.by*

Развитие технологий послойного наращивания и синтеза изделий из пластмасс во многом способствовало популяризации полимеров в качестве основного материала корпусных деталей бионических и тяговых протезов. Приемлемая себестоимость и отсутствие необходимости в дальнейшей обработке изделия являются решающими факторами при выборе 3D-печати, вместе с тем низкая производительность аддитивного производства наряду с отрицательными свойствами пластмасс заставляет задуматься о рентабельности существующих решений.

Пластмассы обладают относительной легкостью, устойчивостью к механическим и химическим воздействиям. К неоспоримым преимуществам пластмасс также следует отнести низкую теплопроводность и водопоглощение. Несмотря на это, все больше всемирно известных брендов и производителей отдают предпочтение деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности. Мероприятия по урегулированию производства пластиковой продукции направлены прежде всего на минимизацию негативного влияния токсичных химических веществ, выделяемых из фрагментированного пластика, на естественные экосистемы и здоровье человека в частности [1].

Древнейший известный протез, обнаруженный в фиванском некрополе на западном берегу Нила, представлял собой большой палец ноги, из-

Литература

1. Полимерсодержащие нанокompозитные покрытия для изделий машиностроения / Г. Г. Горох [и др.] // Труды междунар. научн.-технич. конфер. «Машиностроение и техносфера XXI века». – 2020. – Р. 45–49.

готовленный из древесины [2]. Образец дотирован 950–710 гг. до нашей эры, тем не менее, найдшийся в составе мумии, сохранился до наших дней практически в первозданном виде.

Известны и другие задокументированные прототипы деревянных протезов конечностей, пользовавшиеся популярностью вплоть до распространения бронзовых, а затем и пластмассовых моделей. В первую очередь, выбор материала определялся развитием технической составляющей устройств, функциональность которых в последующем уже не ограничивалась сугубо косметическим назначением. Металлические элементы конструкции протеза отвечали требованиям прочности, в то время как корпусные детали дешевле и удобнее оказалось изготавливать из синтетических полимеров.

С появлением новых средств и способов обработки лесоматериалов, значительно упростился процесс получения сложных геометрических форм и размеров, что обеспечивает возможность внедрения деталей из древесины в конструкции современных бионических протезов.

Древесина состоит из органических полимеров (лигнин) с длинными цепными молекулами. Изучение механических свойств полимеров осуществляется в соответствии с общими законами деформирования материалов под нагрузкой с учетом времени действия.

Механические свойства деревянных деталей в общем случае определяются строением и сортом древесины, видом и способом пропитки, условиями эксплуатации и действующей нагрузкой. К основным относят прочность, твердость, жесткость, ударную вязкость, износостойкость и др. [3].

Прочность – способность древесины сопротивляться разрушению под воздействием механических воздействий. Прочность зависит от направления приложения нагрузки, породы дерева, плотности, влажности материала, наличия пороков. Значительное влияние оказывает содержащаяся в клеточных оболочках связанная влага: при повышенном содержании в 20–25 % прочность древесины заметно снижается, превышение предела гигроскопичности не влияет на показатели прочности.

Состояние на грани разрушения называют пределом прочности древесины. Средняя величина предела прочности при растяжении вдоль волокон для всех пород составляет 1300 кгс/см². Прочность древесины на растяжение поперек волокон составляет 65 кгс/см² и учитывается лишь при разработке режимов резания и сушки. Сжатие вдоль волокон характеризуется в незначительном укорочении детали. При сжатии поперек волокон прочность ниже, чем вдоль примерно в 8 раз. Обработка древесины сжатием позволяет улучшить прочностные характеристики изделия и повысить твердость его поверхности [4].

Твердость – свойство древесины сопротивляться внедрению более твердого объекта. Твердость позволяет судить о применимости деревянной детали в конструкции протеза. Учитывается также при обработке материала режущими инструментами. По твердости древесные породы можно разделить на: мягкие (сосна, ель, липа, осина, ольха, каштан, кедр, тополь, пихта, можжевельник); твердые (береза, бук, дуб, вяз, лиственница, рябина, клен, лещина, орех грецкий, хурма, яблоня, ясень, ильм, карагач, платан.); очень твердые (кизил, фисташки, тис, акация белая, береза железная, граб, самшит) [3].

Древесина твердых пород обладает лучшей способностью к изгибанию. Данное свойство характеризует возможность обработки гнутьем: нагретую влажную древесину подвергают сушке под нагрузкой с целью придания новой формы детали.

Получение заданной формы и размеров изделия достигается преимущественно механической обработкой древесины [5]. Перед обработкой резанием заготовки проходят стадию сушки, при которой влажность материала доводят до установленной нормы в сушильных цехах. При термической обработке из древесины удаляются природные экстракты, вследствие чего материал становится легче, а теплоизоляционная способность возрастает втрое [4, 5]. Заготовки полу-

чают путем раскроя досок и плит, причем последовательность стадий сушки и раскроя допускается изменять.

Механическая обработка с образованием стружки может производиться как вручную, так и с привлечением технологического оборудования. Ручным инструментом выполняют пиление, строгание, долбление долотами, резание стамесками, шлифование шкурками и т.д. [5]. Как правило заготовки предварительно размечают. На деревообрабатывающих станках осуществляют пиление, фрезерование, сверление, долбление, точение и шлифование. В массовом и крупносерийном производстве древесину обрабатывают без разметки на предварительно настроенных станках или же с помощью специальных приспособлений. В условиях индивидуального производства, характерного для протезостроения, разметка заготовок необходима.

На сегодняшний день обработка древесины осуществляется преимущественно на фрезерных станках с ЧПУ. Фрезерование выполняется в два этапа: черновая резка, при которой удаляется основная часть материала; чистовая обработка фрезой со сферическим концом [6]. Качество обработанной поверхности определяется параметрами шага и боковой скорости. Шаг – расстояние между проходами инструмента во время операции. Чем больше шаг, тем выше производительность процесса, но меньше детализация.

Обработанную древесину защищают от биологического разрушения и повреждений нанесением химического покрытия. Средства, наносимые кистью или путем распыления, проникают всего на 1–2 мм, поэтому их защитные свойства невелики. Пропитка способом погружения обладает большей эффективностью, проникая в толщу изделия на 5 мм. Под давлением вещество пропитывает изделие насквозь. Химические покрытия, такие как смесь глицерина и ангидрида малеиновой кислоты, позволяют повысить устойчивость древесины к влажности, возгоранию, исключить процессы гниения [4].

Новейшие подходы к изучению свойств лесоматериалов, позволяют создавать альтернативы стали и терморезистивным пластикам. Так исследователи из Стокгольмского университета получили материал с высокими литейными и прочностными характеристиками на основе лигнина и этиленгликоля [7]. В свою очередь, кипячение в растворе гидроксида натрия и сульфита натрия с последующим сжатием и сушкой под прессом повышает плотность древесины в 11 раз с сохранением натуральной структуры волокон [8].

Таким образом производство деталей из древесины не требует уникального оборудования и дорогостоящих компонентов, обеспечивая тем самым сравнительно низкие затраты на производ-

ство. В большинстве своем деревообрабатывающая промышленность является экологически чистой и, что немаловажно, соответствует специфике отечественной экономики.

Деревянные элементы при должной обработке обладают повышенной прочностью, легкостью, не вызывают аллергических реакций при контакте с кожей. Кроме того, природная фактура древесины позволяет создать уникальный дизайн протеза, заметно выделяющий устройство среди аналогов современных производителей, что, в свою очередь, обеспечивает конкурентное преимущество на мировом рынке биотехнических изделий.

Литература

1. Chiba, Sanae. Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris / Sanae Chiba // *Marine Policy*. – 2018. – № 96. – P. 204–212.
2. История протезов в фотографиях // BBC News русская служба, 2012 [Электронный ресурс]. – Режим

доступа: История протезов в фотографиях – BBC News Русская служба. – Дата доступа: 01.10.2022.

3. Механические свойства древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://novosibdom.ru>. – Дата доступа: 04.10.2022.
4. Способы улучшения свойств древесины // [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: Puuinfo. – Дата доступа: 04.10.2022.
5. Бобиков, П. Д. Изготовление художественной мебели / П. Д. Бобиков. – Москва: Высшая школа, 1978 – с. 256.
6. Обработка дерева на фрезерном станке с ЧПУ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: stankoff.ru. – Дата доступа: 08.10.2022.
7. Catalyst-Free Synthesis of Lignin Vitrimers with Tunable Mechanical Properties: Circular Polymers and Recoverable Adhesives / Adrian Moreno [et al.] // *ACS Appl. Mater. Interfaces*. – 2021. – Vol. 13. – P. 57952–57961.
8. Processing bulk natural wood into a high-performance structural material / Jianwei Song [et al.] // *Nature*. – 2018. – Vol. 554. – P. 224–228.

УДК 617.57-77+611.8

ИНВАЗИВНЫЙ ИНТЕРФЕЙС БИОНИЧЕСКОГО ПРОТЕЗА

Грузд Н.А., Мониц С.Г.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Современные модели бионических протезов способны обеспечить необходимое число степеней подвижности, часть из которых приводится в движение сервоприводами.

Ключевые слова: бионические протезы, инвазивный интерфейс, методы передачи энергии.

INVASIVE BIONIC PROSTHESIS INTERFACE

Gruzd N., Monich S.

Belarusian National Technical University
Minsk, Republic of Belarus

Annotation. Modern models of bionic prostheses are able to provide the required number of degrees of mobility, some of which are driven by servos.

Key words: bionic prostheses, invasive interface, energy transfer methods.

Адрес для переписки: Мониц С.Г., пр. Независимости, 65, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: sgmonich@bntu.by

Современные модели бионических протезов способны обеспечить необходимое число степеней подвижности, часть из которых приводится в движение сервоприводами. Основное же ограничение на функциональность устройства накладывает двухканальный интерфейс, обусловленный методами считывания миоэлектрических импульсов мышц культи, и отсутствие обратной связи при взаимодействии с внешними объектами.

Выбор методов протезирования и последующая реабилитация во многом закладывается процедурой ампутации. При стандартной фасциопластической ампутации мышцы пересекают до кости, после чего фиксируют рубцом к опилу, обеспечивая умеренно коническую форму культи [1]. Фиксация ограничивает способность механорецепторов в каждой мышце передавать информацию в центральную нервную систему, что ли-

шает пациента возможности получения проприоцептивной обратной связи от искусственной конечности [2].

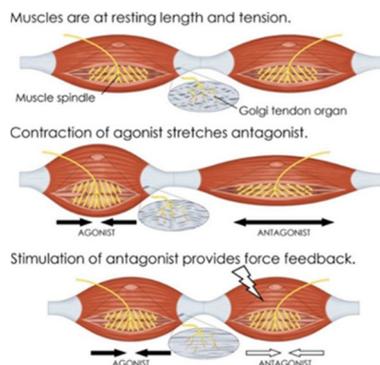


Рисунок 1 – Мионевральный интерфейс агонист-антагонист