



УДК 57.089.001.66

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАПАРОСКОПИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВАРКИ ЖИВЫХ ТКАНЕЙ

Кременицкий Кирилл Сергеевич ¹, Лебедев Алексей Владимирович ¹

¹ Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт" им. Сикорского

Адрес для переписки: Кременицкий Кирилл Сергеевич, магистрант

Место работы: Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт" им. Сикорского, 03056, м.Киев-56, проспект Победы, 37

Email: ksk94@ua.ru

Аннотация. Лапароскопическая хирургия - одна из наиболее перспективных областей хирургии, сфокусированная на минимизации операционных повреждений, сокращение длительности операции и улучшения качества лечения. Использование сваривания живых тканей в лапароскопической хирургии позволяет серьезно повысить эффективность операций. Сварка может значительно снизить кровопотери и вероятность послеоперационных осложнений, повысить асептичность шва, позволяет пациентам быстрее восстановиться. Таким образом, разработка новых и усовершенствование существующих инструментов для сварки живой ткани является одной из ведущих областей современного развития в области эндоскопической и лапароскопической медицины.

Ключевые слова: сварка живых тканей, лапароскопическая хирургия, моделирование, инструмент.

Введение. Образование сварного соединения базируется на эффекте электротермической денатурации белковых молекул. При воздействии электротока невысокого напряжения частично разрушаются клеточные мембраны, в результате чего выделяется белковая жидкость. За счет коагуляции (свертывания) белка ткани слипаются - «свариваются» (рис. 1). Через некоторое время морфологическая структура ткани восстанавливается.



Рисунок 1. Лапароскопическая аппендектомия

По сравнению с традиционными методами хирургии использования электросварки позволяет сократить время операции (до 60 мин) и потери крови (на 200-300 мл). Швы после сварки легче заживают, в совокупности это все приводит к уменьшению расходов на лекарственные препараты, в том числе на наркотические средства. Отсутствие шовных материалов в месте операции в свою очередь затрудняет возникновение воспалительного процесса и инфицирования шва. Это также позволяет значительно упростить лапароскопические операции, где накладывать традиционные швы значительно сложнее. Для осуществления операционных манипуляций с применением сварки в лапароскопии нужен специальный инструментарий, который практически весь является заграничным и, преимущественно, одноразовым. Поэтому существует необходимость в создании и внедрении отечественных инструментов, более доступных по цене, с возможностью многократного использования.

Цель и задачи исследования. Целью работы было создание компьютерной модели инструмента для сварки в лапароскопии, исследование работы электродов модели инструмента, симуляция движения механизма инструмента.

Материалы и методы. Для исследования было решено создать виртуальную модель лапароскопического инструмента для сварки живых тканей. Использование компьютерных программ по инженерному моделированию и расчетам для моделирования медицинских инструментов и решения биоинженерных задач обосновано в работах [1-6]. Для упрощения расчетов в модель были включены лишь сжимающие электроды (рис. 2). В качестве замены остальных частей инструмента в расчет были включены действующие на электроды силы. Создание и исследование модели электродов проводилось в среде «SolidWorks».



Рисунок 2. Модель инструмента: а) общий вид, б) рабочая часть

Модель была создана с использованием размеров, снятых с реального инструмента (рис. 3).

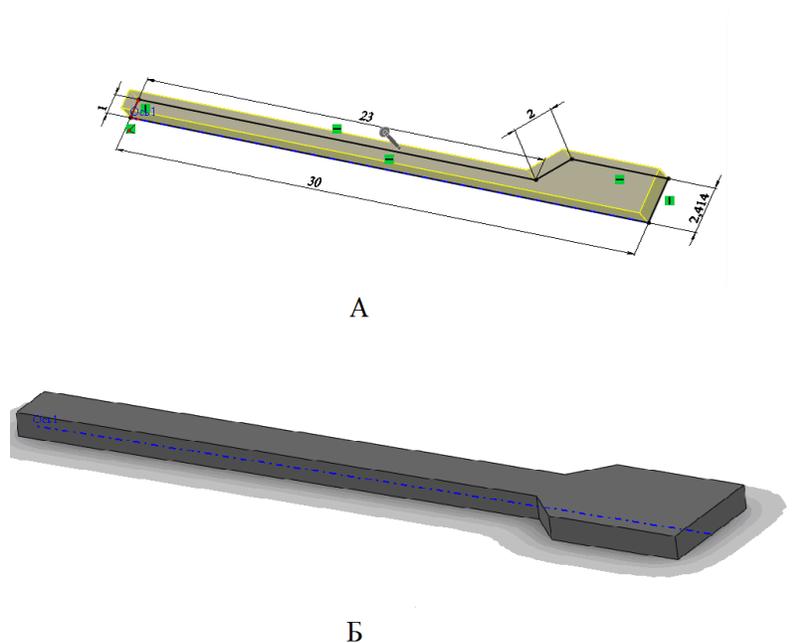
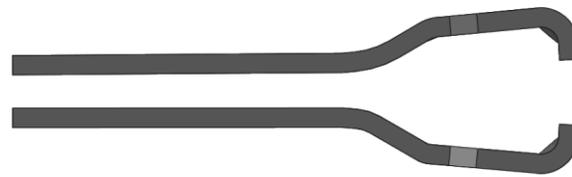


Рисунок 3. Заготовка для модели: а) размеры заготовки, б) полная заготовка

Экспериментальные данные и их обработка. В результате первых исследований была доработана форма электродов, а именно углы изгиба, которые существенно влияют на функциональность инструмента (рис. 4).



А



Б

Рисунок 4. Форма модели: а) изначальная, б) измененная

Для исследования прочностных особенностей и сдвливающей силы электродов, к модели применяли давление с силой от 10 Н до необходимой для качественного сваривания (рис 5).

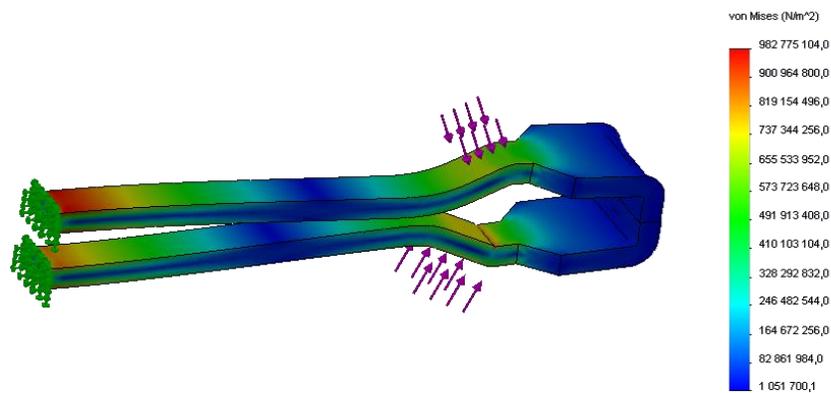


Рисунок 5. Исследование модели

В результате была получена необходимая для сварки сила сжатия электродов в $1 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$. При этом на электроды должно действовать давление с силой не меньше 70 Н. Была получена зависимость силы сжатия электродов от приложенной к ним силы давления (рис. 6).

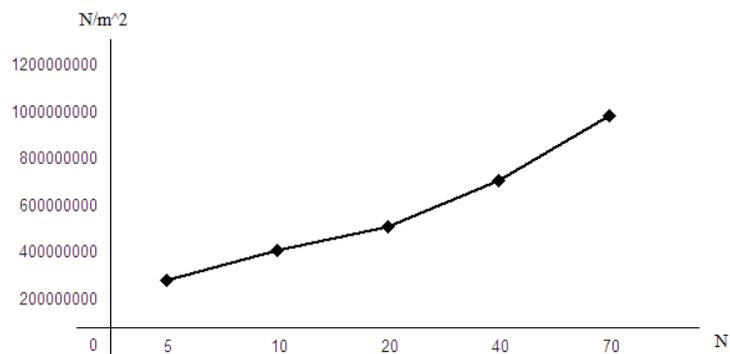


Рисунок 6. Зависимость силы сжатия электродов от давления

Для симуляции самого механизма инструмента была выбрана модель толкателя (плунжера) из учебных пособий «SolidWorks» (рис. 7). Несмотря на малое внешнее сходство, принцип работы толкателя подобен принципу работы инструмента. При перемещении ручки толкатель движется вперед, выполняя свою задачу, в случае с инструментом, на месте цилиндра находится трубка, которая при движении прижимает электроды инструмента друг к другу (рис. 8).

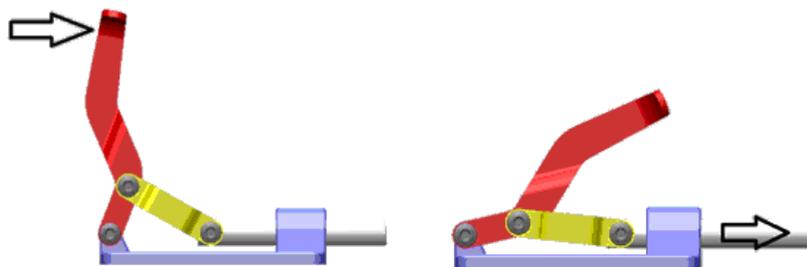


Рисунок 7. Толкатель, принцип работы



Рисунок 8. Трубка, сжимающая электроды

Для толкателя был разработан алгоритм движения, симулирующий толкание ручки и передвижение трубки. К трубке была приложена сила в 70Н, вычисленная в предыдущем исследовании. Амплитуда движения трубки ограничена, как и угол наклона ручки. В начале

движения ручки находится в вертикальном положении, постепенно опускаясь под действием силы, действующей на трубку. Завершив движение, трубка и ручка возвращаются в исходное положение. В результате была получена зависимость скорости ручки от времени (рис. 9).

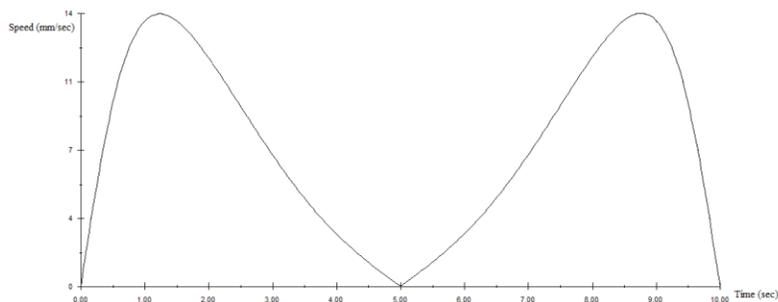


Рисунок 9. Зависимость скорости ручки от времени

Результаты исследования. В результате работы была создана виртуальная модель электродов лапароскопического инструмента для сварки живых тканей. Исследование модели показало, что необходимая для сварки сила сжатия может быть достигнута при силе давления от 70 Н. При моделировании было замечено, что сила сжатия при одном и том же давлении существенно зависит от изгибов электрода. Были исследованы особенности движения механизма инструмента на примере толкателя SolidWorks. Получена зависимость скорости ручки от времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Белоусова И.Ю., Хойдра К.Ю., Лебедев А.В. Моделирование сварки живых тканей с помощью программного комплекса ABAQUS/ Белоусова И.Ю., Хойдра К.Ю., Лебедев А.В. // Девятая международная научно-практическая конференция СВАРКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ЖИВЫХ ТКАНЕЙ. ТЕОРИЯ. ПРАКТИКА. ПЕРСПЕКТИВЫ.. – 2014. – С. 40.
2. Лебедев А. В., Бойко И. А. ЗАВИСИМОСТЬ ПРОЧНОСТИ СВАРЕННЫХ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ОТ ДИАМЕТРА, ТОЛЩИНЫ И МОДУЛЯ ЮНГА СТЕНКИ / А. В. Лебедев, И. А. Бойко. // БИОМЕДИЦИНСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ И ЭЛЕКТРОНИКА. – 2014.
3. Volodymyr Sydorets, Alexei Lebedev, Andrey Dubko Mathematical modeling of the current density distribution in a high-frequency electrosurgery / Volodymyr Sydorets, Alexei Lebedev, Andrey Dubko. // Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE). – 2015. – С. 215-217.
4. С.О. Ярова А.В. Лебедев. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВАРКИ КРОВЕНОСНЫХ СОСУДОВ ЭЛЕКТРОХИРУРГИЧЕСКИМ ПИНЦЕТОМ / С.О. Ярова А.В. Лебедев. // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2016. – №1. – С. 5.
5. Пат. US7025764 B2, US 10/310,203. BONDING OF SOFT BIOLOGICAL TISSUES BY PASSING HIGH FREQUENCY ELECTRIC CURRENT THERETHROUGH / Boris E. PATON, Vladimir K. LEBEDEV, David S. VORONA, и др. – Оpubл. 11.04.2006
6. Пат. US6562037 B2, US 09/022,869. Bonding of soft biological tissues by passing high frequency electric current therethrough / Boris E. PATON, Vladimir K. LEBEDEV, David S. VORONA, и др. – Оpubл. 13.05.2003