

УДК 678.5.01:539.4

Я.Н. Гайнуллина, аспирант,**П.К. Сопин, канд. техн. наук, доцент***Севастопольский национальный технический университет,**Межведомственная лаборатория биомеханики**ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Крым, 299053**E-mail: sevbiolab@gmail.com***КОНСТРУКТОРСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА СИЛИКОНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ОБОЛОЧЕЧНОГО ТИПА**

Для изготовления силиконовых изделий оболочечного типа, используется специально изготовленная пресс – форма. Этот метод позволяет получить высококачественные изделия, которые имеют необходимую эластичность и высокую прочность.

Ключевые слова: компаунд, пресс – форма, силиконовая оболочка.

Введение

Среди конструкционных материалов, применяемых в различных технических объектах, всё более широкое применение находит силикон (силиконовая резина) и изделия из него. Известно применение силиконовых изделий в быту и строительстве, силиконовых форм для пищевой промышленности, силиконовых имплантатов и перчаток в медицине и этот перечень может быть продолжен. Широкое применение силиконовые изделия находят благодаря особым физико-механическим свойствам силиконовых компаундов (таблица 1): стойкость к биологическим средам, морской и пресной воде, ультрафиолетовым (УФ) лучам; высокое относительное удлинение при растяжении, стойкость к истиранию; способность выдерживать большой диапазон рабочих температур.

Таблица 1 – Физико-механические свойства силиконовых компаундов

Характеристика	Ед. изм.	Силиконовый компаунд (марка)									
		SK760	SK761	SK762	SK764	SK765	SK766	SK767	Пент-эласт-750А	Пент-эласт-750Б	Пент-эласт-750В
Вязкость при 20 °С	СПз · 10 ⁴	2	1	3	2	4	2	2	1...5	5...8	0,6...1
Относительное удлинение при разрыве	%	280	400	450	700	530	350	560	300	500	350
Условная прочность при разрыве	МПа	1.4	1.5	3.1	3.7	4.5	1.7	3.3	2.5	3.5	2.2
Температурный интервал эксплуатации	°С	-60...+250					-60...+400	-60...+250	-60...+200		

Целью исследований является проектирование конструкций и разработка технологии изготовления силиконовых изделий оболочечного типа для испытаний опытных образцов эндопротезов на стенде – симуляторе.

Для проведения трибологических исследований различных пар трения, используемых в тотальных эндопротезах тазобедренного сустава (ЭТБС), на специально разработанном стенде лаборатории биомеханики Севастопольского государственного университета по условиям испытаний необходимо изолировать зону испытаний от внешней среды и поддерживать в этой зоне постоянную температуру 37 ± 2 °С. При проведении исследований элементы сферической пары трения совершают друг относительно друга движение по сложному закону и количество циклов может составлять $(5 \div 20) \cdot 10^6$ по стандартам ISO или ASTM. Выбор материала изолирующей оболочки, для перечисленных условий испытаний, был сделан в пользу силиконовых компаундов.

Проектируемая оболочка должна представлять собой конический стакан с толщиной стенки $1,0 \div 1,5$ мм и утолщёнными манжетами $2,0 \div 2,5$ мм по сборочным поверхностям (рисунок 1). Утолщённые стенки оболочки должны обеспечить надёжную фиксацию изделия на элементах фланцев испытываемых конструкций ЭТБС, а также выполнить следующие функции:

- герметизировать зону испытаний (с возможностью заполнения её синовиальной жидкостью или наноконструкцией с фуллереном C₆₀);
- обеспечить свободное перемещение элементов испытываемых элементов эндопротезов.

– обеспечить биоинертность к испытуемым материалам, жидкостям и оснастке.

Для отливки стакана разработана специальная конструкция пресс-формы со встроенным шприцом – дозатором, обеспечивающим прессование силиконового компаунда (рисунок 2). Пресс-форма конструктивно представляет собой тело вращения и состоит из верхней крышки 2 с вмонтированным в неё шприцом 1, наружной обложки 3, вставной модели 4 и нижней крышки 5 с каналами для выхода воздуха 6. Пресс-форма была изготовлена с применением токарного и фрезерного металлорежущего оборудования.

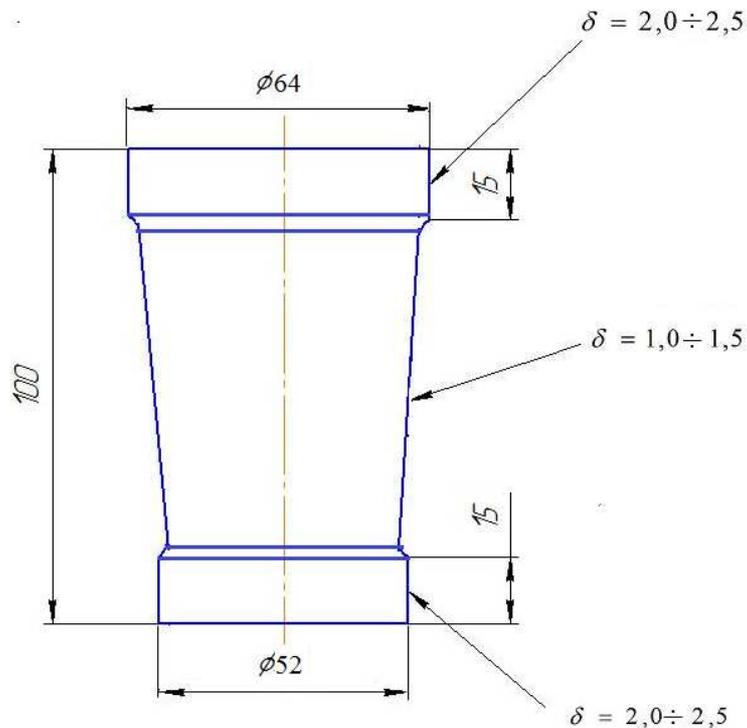


Рисунок 1 – Силиконовая оболочка (стакан)

Для изготовления (литья) такого стакана использован двухкомпонентный силиконовый компаунд марки «Пентэласт-750А», применяемый для изготовления различных форм в пищевой и медицинской промышленности. Этот компаунд обладает требуемыми литейными и физико-механическими свойствами (см. таблицу 1).

В крышке 2 и верхнем торце вставной модели 4 сформированы каналы литниковой системы для подачи компаунда. При разработке конструкции пресс-формы наиболее протяжённые поверхности модели выполнялись с литейными уклонами, согласно рекомендациям [1, 2], которые облегчают, в последующем, её разборку в осевом направлении. Конструкция пресс-формы по сравнению с аналогичными, используемыми для литья металлов под давлением, существенно упрощается: отсутствует подогрев элементов пресс-формы, нет необходимости в отводе газов, образующихся при заливке металла и т.д.; однако, остаётся необходимость предотвращения образования воздушных карманов по мере заполнения объёма. В качестве материала для изготовления пресс-формы применялась термостойкая нержавеющая сталь марки 14X17H2 (рисунок 4).

Одним из ограничений при литье металлов под давлением является скорость прессования. При литье металлов время заливки должно быть минимальным, что связано с остыванием самой пресс-формы, возможным неравномерным застыванием металла, потерей текучести металла, формированием пробок из частично застывшего металла и другими ограничениями, приводящими к дефектам литья. При литье силиконового компаунда остаётся единственное ограничение по времени прессования – время первичной полимеризации с потерей текучести, которое для используемой марки компаунда составляет около 1 часа.

Важным параметром, выделяемым авторами [3, 4] при литье металлов под давлением, является усилие прессования. Так как вязкость силиконового компаунда существенно меньше расплавленного металла необходимое усилие прессования расчётом не оценивалось. Опыт показал, что усилие прессования составило менее 0,1 МПа. Одновременно с этим схема прессования «сверху – вниз», при отсутствии строгой горизонтальности расположения пресс-формы, по мере её заполнения компаундом, позволяет оставаться воздушным карманам в нижней части пресс-формы при истечении воздуха через каналы 5 и формироваться другим дефектам литья – непроливам.

Для устранения этих негативных факторов применена схема прессования «снизу – вверх» с опорой на поршень шприца 1.

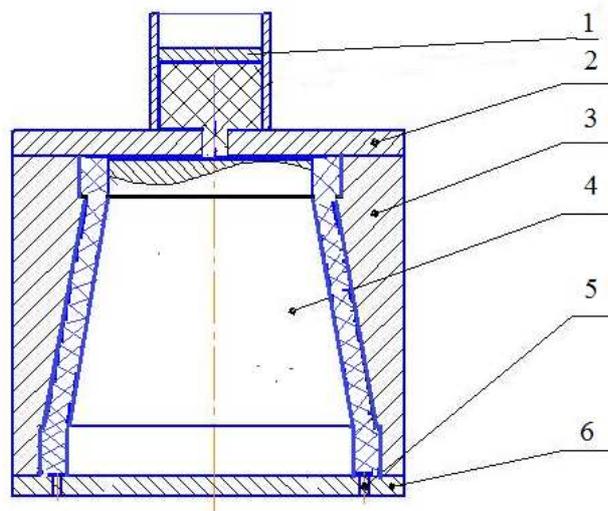


Рисунок 2 – Пресс-форма для отливки стакана: 1 – поршень; 2 – крышка пресс-формы; 3 – внешняя обечайка; 4 – внутренняя вставка; 5 – воздушные каналы; 6 – основание

При такой схеме прессования усилие прессования обеспечивалось весом самой пресс-формы, скорость прессования получалась пропорциональной вязкости материала и площади поперечного сечения изделия (согласно рекомендациям [5–7]); по мере заполнения компаундом объема пресс-формы вытесняемый воздух беспрепятственно выходил через каналы 5 основания 6. В результате проведенных исследований разработан и реализован технологический процесс литья силиконового компаунда марки «Пентэласт-750А» и получено изделие, показанное на рисунке 3. Такая схема применялась и для изделий, показанных на рисунках 3, 7 и 8.



Рисунок 3 – Оболочка стакана для испытаний сферических пар трения эндопротезов тазобедренного сустава



Рисунок 4 – Внешний вид компонентов пресс-формы для литья стаканов

После смешивания порции двух компонентов компаунда в смеси технологически образуется множество воздушных пузырьков разных размеров. При отливке изделия и последующей полимеризации компаунда в пресс-форме, из-за сравнительно высокой вязкости материала, мелкие пузырьки воздуха не успевают выйти из нее, а сливаются в более крупные, что приводит к дефекту изделия (рисунок 5). Для устранения указанных дефектов, по рекомендации производителя компаунда, смесь должна быть подвергнута вакуумированию.

Вакуумирование порции смеси выполнялось на установке с применением вакуумного насоса модели TW-1,5А (рисунок 6). Степень вакуумирования обеспечивалась в пределах 10^{-5} МПа. После вакуумизации компаунд помещался в полость шприца 1 и поршнем с небольшим давлением выдавливался в пресс-форму.



Рисунок 5 – Внешний вид дефектов изделий после полимеризации



Рисунок 6 – Установка для вакуумирования силиконовых компаундов

В результате проведенных исследований выявлены следующие особенности литья двухкомпонентного силиконового компаунда марки «Пентэласт-750А» в пресс-форму:

- для обеспечения однородности формируемой массы смешивание необходимо выполнять не менее 5÷6 минут;
- для исключения появления дефектов отливки в виде пор готовый компаунд надо подвергать вакуумизации в течении четырех циклов по 30сек. с перерывом 60 сек.;
- при вакуумизации компаунд увеличивается в объеме в 3÷5 раз и после окончания процесса принимает первоначальный объем;
- после выполненной подготовки компаунд переносится в полость шприца без образования воздушных пор; смесь может быть выдержана в открытом шприце в течении нескольких минут для выхода пузырьков воздуха, случайно попавших в смесь при переноске в шприц;
- плавно устанавливается поршень шприца, обеспечивая возможность выхода воздуха из под поршня;
- заполнение пресс-формы компаундом необходимо выполнять шприцом «снизу – вверх», что позволит воздуху выходить из пресс-формы через каналы 5 в нижней крышке 6 и исключает возможность запираения воздуха поступающим компаундом с образованием дефектов;
- все перечисленные операции должны быть выполнены в течении 40÷50 мин. до начала полимеризации (вулканизации) компаунда (по рекомендации производителя);
- готовое изделие может быть извлечено из пресс-формы через 24 часа, указанные физико-механические свойства изделие окончательно приобретает через 36 часов.



Рисунок 7 – Внешний вид готовых оболочек самоустанавливающихся муфт



Рисунок 8 – Сборка экспериментальных образцов на стенде – симуляторе

Выводы. Разработанная технология и устройства для её реализации позволили получить недорогие и высококачественные силиконовые изделия для испытания на износ в среде синовиальной жидкости элементов сферических шарниров эндопротезов крупных суставов человека. Срок службы силиконовых изделий заданной геометрии значительно превышает ресурс аналогичных резиновых и

гофрированных изделий, а также обеспечивает визуальный контроль за состоянием жидкости в зоне испытаний.

Дальнейшие исследования направлены на совершенствование методики испытаний элементов эндопротезов на стенде – симуляторе оригинальной конструкции.

Библиографический список использованной литературы

1. Гини Э.Ч. Технология литейного производства: Специальные виды литья / Э.Ч. Гини, А.М. Зарубин, В.А. Рыбкин. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 352 с.
2. Яковлев А.Д. Технология изготовления изделий из пластмасс / А.Д. Яковлев. — Л.: Издательство «Химия», 1977. — 360 с.
3. Катаев В.М. Справочник по пластическим массам / В.М. Катаев, В.А. Попов, Б.И. Сажин. — М.: Издательство «Химия», 1975. — 447 с.
4. Архангельский Б.А. Пластические массы. Справочное пособие / Б.А. Архангельский. — Л.: Судпромгиз, 1961. — 720 с.
5. Миненков Б.В. Прочность деталей из пластмасс / Б.В. Миненков, И.В. Стасенко. — М.: Машиностроение, 1977. — 264 с.
6. Малинин Н.Н. Технологические задачи пластичности и ползучести / Малинин Н.Н. — М.: Высшая школа, 1979. — 120 с.
7. Исханов Г.В. Прочность армированных пластиков и металлов / Г.В. Исханов, А.Е. Журавель. — М.: Машиностроение, 1981. — 238 с.

Поступила в редакцию 31.03.2014 г.

Гайнулліна Я.М., Сопін П.К. Конструкторські і технологічні аспекти виробництва силіконових виробів оболонкового типу

Для виготовлення силіконових виробів оболонкового типу, використовуються спеціально розроблена прес-форма. Цей метод дозволив отримати високоякісні вироби, що мають потрібну еластичність і високу міцність

Ключові слова: компаунд, прес-форма, силіконова оболонка.

Gaynullina Y.N., Sopin P.K. Design and technological aspects of the production of silicone products shell type

For technology of the manufacture of silicone products shell type using specially designed molds. This method allowed us to obtain high-quality products having the desired elasticity and high durability.

Keywords: compound, mold, silicone shell.