

А.Д. САЛЄЄВА, канд. техн. наук; *І.Л. СОЛНЦЕВА*, канд. техн. наук;
Є.К. ГРИШКО; *Є.І. ЧЕРНОВ*, канд. техн. наук;
М.О. БОРИСОВ, УкрНДІпротезування;
О.В. БЛИЗНЮК, канд. техн. наук; НТУ «ХПІ»

ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ОРТЕЗІВ ДЛЯ СИДІННЯ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ПАЦІЄНТІВ З ВАЖКИМИ ПОРУШЕННЯМИ ОПОРНО-РУХОВИХ ФУНКЦІЙ

Проведено дослідження різних полімерних матеріалів з метою застосування їх для виготовлення індивідуального ортеза для сидіння найбільш простої конструкції, що складається із твердого каркаса й зм'якшуючого елемента. Установлено, що для виготовлення твердого каркаса необхідно використати ВТТП із міцністю при вигині 30 – 35 МПа, модулем пружності 780 – 1100 МПа й високою ударною в'язкістю. Такий комплекс властивостей має ТермоЛин марки Т95 і його вітчизняний аналог ЛМТ. Найкращі зм'якшуючі й експлуатаційні властивості, необхідні для зм'якшуючого елемента, а саме: напруга при стиску до 40 % 37 – 43 КПа, залишкова деформація при статичному стиску не більше 4 %, мали вітчизняні поролони марок EL 2842, ST 3542, HR 3535.

Research of different polymeric materials has been carried out with the purpose of their application for manufacture of an individual orthosis for sitting of the most simple construction which will consist of a rigid frame and a softening element. It was found, that for manufacture of a rigid frame it is necessary to use НТТ with bending strength 30 – 35 МПа, a coefficient of elasticity 780 – 1100 МПа and high impact strength. TermoLin of the brand Т95 and its domestic analog LMT had this set of properties. The best softening and operation properties necessary for the softening element, namely: the compressive stress up to 40 % 37 – 43 КПа, residual strain at static compression no more than 4 %, had domestic foam rubbers of the brands EL 2842, ST 3542, HR 3535.

Вступ.

В останні роки в літературі, присвяченій засобам реабілітації інвалідів, все більша увага приділяється ортопедичним сидінням (ортезам для сидіння) [1]. Пацієнти з порушеннями функцій контролю над тулубом і тазом, до яких, зокрема відносяться нервово-м'язові захворювання, не завжди можуть досить тривалий проміжок часу зберігати осанку в положенні сидячи [2]. Наслідком цієї рухової обмеженості, характерної для дитячого церебрального паралічу (ДЦП), стану після інфекцій, черепно-мозкових травм і пухлин, мєнінгомєліту, стану після церебральних інсультів, розсіяного склерозу є змі-

на опорно-рухового апарата (ОРА), особливо в дітей у період росту, а також погіршення роботи внутрішніх органів.

Основний принцип лікування цих хворих – поліпшення стабільності тулуба при м'язовій слабості або ослаблення м'язового тонусу при надмірній активності м'язів.

Реалізувати цей принцип можливо, використовуючи ортези для сидіння, які виготовляються з урахуванням анатомічних особливостей кожного пацієнта. Крім того, забезпечення цими ортезами сприяє збільшенню самостійності пацієнта в побуті, що значно полегшує умови роботи осіб, що доглядають за ними [3].

У реабілітаційній техніці, головним чином за кордоном, існує безліч різних конструкцій ортезів для сидіння [4]. Однією з найбільш простих у плані виготовлення є конструкція ортезу, що складається із жорсткого каркаса і зм'якшуючого елемента, для виготовлення ортезу цієї конструкції не потрібне складне технологічне обладнання.

Основною проблемою при розробці технології виготовлення цієї конструкції є вибір матеріалу для жорсткого каркаса й зм'якшуючого елемента.

Вимоги до матеріалів конструкції наступні:

- матеріал, з якого виготовляють жорсткий каркас, повинен добре формуватися, бути міцним, і добре зберігати форму в процесі експлуатації виробу;
- матеріал, що застосовується для зм'якшуючого елемента повинен мати здатність до рівномірного перерозподілу тиску по всій поверхні сидіння, не втратити своїх властивостей під дією тиску людського тіла й не руйнуватися в процесі експлуатації виробу.

З метою обґрунтування вибору матеріалів для виготовлення ортезів для сидіння в УкрНДІпротезування було проведено дослідження різних полімерних матеріалів.

Всі досліджені матеріали мали сертифікати, що дозволяють використовувати їх при виготовленні протезно-ортопедичних виробів.

Матеріали і методи.

Як матеріал для жорсткого каркаса були досліджені термопласти високо- і низькотемпературного формування (ВТТП і НТТП), що найбільше широко застосовуються в протезобудуванні для конструкційних деталей ПОВ.

ВТТП: матеріали групи ТермоЛіна (Otto Wock, Німеччина) – Т95 і Т16; вітчизняні аналоги цих матеріалів – поліетилен марок ПЕ 158, (ТУ 6-49-3-88),

ПЕ 276 (ГОСТ 16338-85) і термопластичний матеріал протезно-ортопедичних виробів «ЛМТ» (ТУУ 33.1-03191680-017-2005), розроблений в УкрНДІпротезування на основі суміші поліетиленів високої та низької густини.

НТТП: на основі полікапролактонів торгівельних марок «Бічкаст», «Турбокаст» (Т-Таре Company BV Голландія); на основі поліамідів марки ТФК-100 (НДЦ ресурсозбереження АН Білорусія).

Дослідження властивостей матеріалів проводилося за допомогою стандартних методик.

Результати та їх обговорення.

Результати досліджень наведені в таблиці 1

Таблиця 1

Порівняльні характеристики термопластичних матеріалів

Найменування показника	НТТП			ВТТП				
	Бічкаст	Турбокаст	ТФК-100	Т95	ПЕ16	ПЕ-158	ПЕ-226	ЛМТ
Щільність, кг/м ³	1013,0	1030,0	1190	900,0	954,0	930,0	960,0	935,0
Міцність при вигині, МПа	13,0	22,0	41,0	30,1	26,1	6,2	17,7	35,0
Модуль пружності при вигині, МПа	205,0	290,0	1200	780,0	734,0	125,0	900,0	1094,0
Ударна в'язкість, кДж/м ²	Без руйн.	Без руйн.	10,0	Без руйн.	Без руйн.	Без руйн.	5,5	Без руйн.
Температура формування, °С	70	70	75	160	195	135	160	160

Примітка. У таблиці наведені середні значення показників.

В процесі практичного застосування НТТП виявив досить хороші технологічні характеристики, а саме можливість формування матеріалу безпосередньо по тілу пацієнта, досить низьку температуру формування. Але отримані зразки характеризувалися невисокою міцністю й модулем пружності при вигині й тому погано зберігали форму в процесі експлуатації сидіння. Як видно з таблиці 1 виключенням став ТФК-100, що мав високі міцнісні характеристики (міцність при вигині – 41,0 МПа; модуль пружності при вигині – 1200 МПа). Однак цей матеріал мав малу ударну в'язкість (10,0 кДж/м²), а отже, характеризувався крихкістю, що знижувала його експлуатаційні властивості.

Виходячи з цього використання НТТП як матеріал для жорсткого каркаса можливо тільки для сидіння першого або другого рівня функціональності по системі Interbor [5] і якщо вага пацієнта невелика (А-60).

Серед ВТТП найкращі міцнісні й технологічні властивості мали Т-95 і ЛМТ, причому останній характеризувався навіть більш високими міцністю при вигині (35,0 МПа) і модулем пружності при вигині (1094,0 МПа) і рекомендований для виготовлення жорсткого каркаса сидіння.

Основними з'якшуючими матеріалами, які застосовуються в протезобудуванні, є листові пінополіетилен і пінополіуретан, однак пінополіетилен схильний до значної залишкової деформації після циклічного стиску, тому за базовий прийнятий пінополіуретан фірми Otto Wock марки педилін.

Для з'якшуючого елемента дуже важлива його здатність деформуватися при впливі ваги людини (стискуватися), тому що, згідно з літературними даними [3], у протилежному випадку він є неефективним в профілактиці локалізації тиску. Особливо важлива ця якість з'якшуючих елементів для пацієнтів із проблемною шкірою, для яких рекомендований максимально прийнятний тиск, що виникає в області сідничних бугрів і вертлугів при сидінні, становить 0,1 – 0,2 кг/см² [6].

З огляду на вказане вище, були вивчені газонаповнені матеріали з меншою ніж у педиліна напругою при стиску (30 – 40 МПа), а саме: листові газонаповнені поліуретани вітчизняного виробництва (поролон, що випускає Обухівський завод), які застосовуються для виготовлення меблів.

Для цих матеріалів, з метою оцінки їх з'якшуючого ефекту визначали напругу при стиску на 40 %. Для оцінки експлуатаційних якостей визначали відносну деформацію при стиску й при циклічному стиску (утома матеріалів) згідно зі стандартними методиками.

Результати досліджень наведені в таблиці 2

Як видно з таблиці 2, для поролонів характерні кращі з'якшуючі властивості, чим для педиліна. Із усього комплексу випробуваних матеріалів кращі значення залишкових деформацій, а отже, кращі експлуатаційні властивості мали поролони марок EL 2842, ST 3542, HR 3535.

Поролон марки VE 6020, володіючи кращими із всіх матеріалів з'якшуючими властивостями, мав більшу залишкову деформацію, тобто схильність до продавлювання в процесі експлуатації. Значить цей матеріал може рекомендуватись для використання тільки як поверхневий шар ламінатного (багатошарового) з'якшуючого елемента.

Характеристики газонаповнених листових поліуретанових матеріалів

Найменування матеріалу	Товщина, мм	Умовна щільність, кг/м ³	Напруга при стиску на 40%, КПа	Залишкова деформація при стиску, %	Залишкова деформація при циклічному стиску, %
Педилін	5	160,0	292,0	17,0	4,0
Поролон EL 2842	5	27,0	40,0	2,1	-
Поролон EL 3245	5	30,0	43,0	4,1	-
Поролон ST 3542	5	34,0	40,0	2,1	-
Поролон VE 6020	5	61,0	22,0	5,7	-
Поролон HR 3535	5	36,0	37,0	1,6	-

Примітка. У таблиці наведені середні значення показників.

Висновки

Таким чином, у результаті проведених досліджень встановлено, що для виготовлення ортезів для сидіння необхідно використовувати як жорсткі полімерні матеріали з високими міцностними характеристиками, так і матеріали, що мають зм'якшуючі властивості. До першої групи матеріалів відносяться високотемпературні термопласти із щільністю не більше 960 кг/м³ і температурою формування не вище 160 °С. Для виготовлення жорсткого каркаса ортезів для сидіння можна рекомендувати ВТТП із міцністю при вигині 30 – 35 МПа, модулем пружності 780 – 1100 МПа й високою ударною в'язкістю. Такий комплекс властивостей мав ТермоЛін марки Т95 і його вітчизняний аналог ЛМТ.

Використання НТТП (марок Турбокас або Бічкаст) як матеріал для жорсткого каркаса можливо тільки для сидіння першого або другого рівня функціональності по системі Interbor [5] і якщо вага пацієнта невеликий (А-60), тому що в цьому випадку тиск на поверхню крісла буде невеликим.

До другої групи полімерних матеріалів відносяться листові газонаповнені поліуретанові матеріали різної щільності. Найкращі зм'якшуючі й експлуатаційні властивості, необхідні для зм'якшуючого елемента, а саме: напруга при стиску до 40 % 37 – 43 КПа, залишкова деформація при статично-

му стиску не більше 4 %, мали вітчизняні поролони марок EL 2842, ST 3542, HR 3535.

Ці матеріали можуть бути використані для виготовлення зм'якшуючого елемента ортезів для сидіння двох рівнів функціональності як самостійно (для пацієнтів з вагою не більше 75 кг), так і в складі ламінатного зм'якшуючого елемента. Причому більш щільний, жорсткий матеріал, що добре формується, наприклад педилін, (умовна щільність 160 кг/м³; напруга при стиску на 40 % 292 КПа), слід застосовувати як перший шар зм'якшуючого елемента, а більш м'який матеріал (поролон) – як верхній шар зм'якшуючого елемента.

Список літератури: 1. Міжнародний форум - спеціалізована програма забезпечення сидіннями в Ер-Рияде. // JPO 1994. – № 2. – С. 52 – 56. 2. *Стробл У.* Медичні аспекти забезпечення ортопедичними сидіннями. // Ortopedie-Technik. 2004. – № 4. – С. 592 – 600. 3. *Нейлсон А.Р.* Оцінка впливу сидіння в осіб з важкими й множинними видами обмеження фізичних можливостей - попередні дослідження. // I.Rehabil. Res. Dev. 2001. – № 2. – С. 38 – 40. 4. *Стокман У.* Систематизація й можливість використання різних засобів забезпечень для сидіння. // Ortopedie-Technik. 2006. – № 2. – С. 86 – 91. 5. The Interbor Nomenclature Version update 2003. www.proteor.cjm. 6. *Мартін У., Фергюсон-Пелл.* Выбор подушки сидения. // I.Rehabil. Res. Dev. Clinical Supplement.1990. – № 2. – С. 49 – 73.

Поступила в редколегію 10.02.08