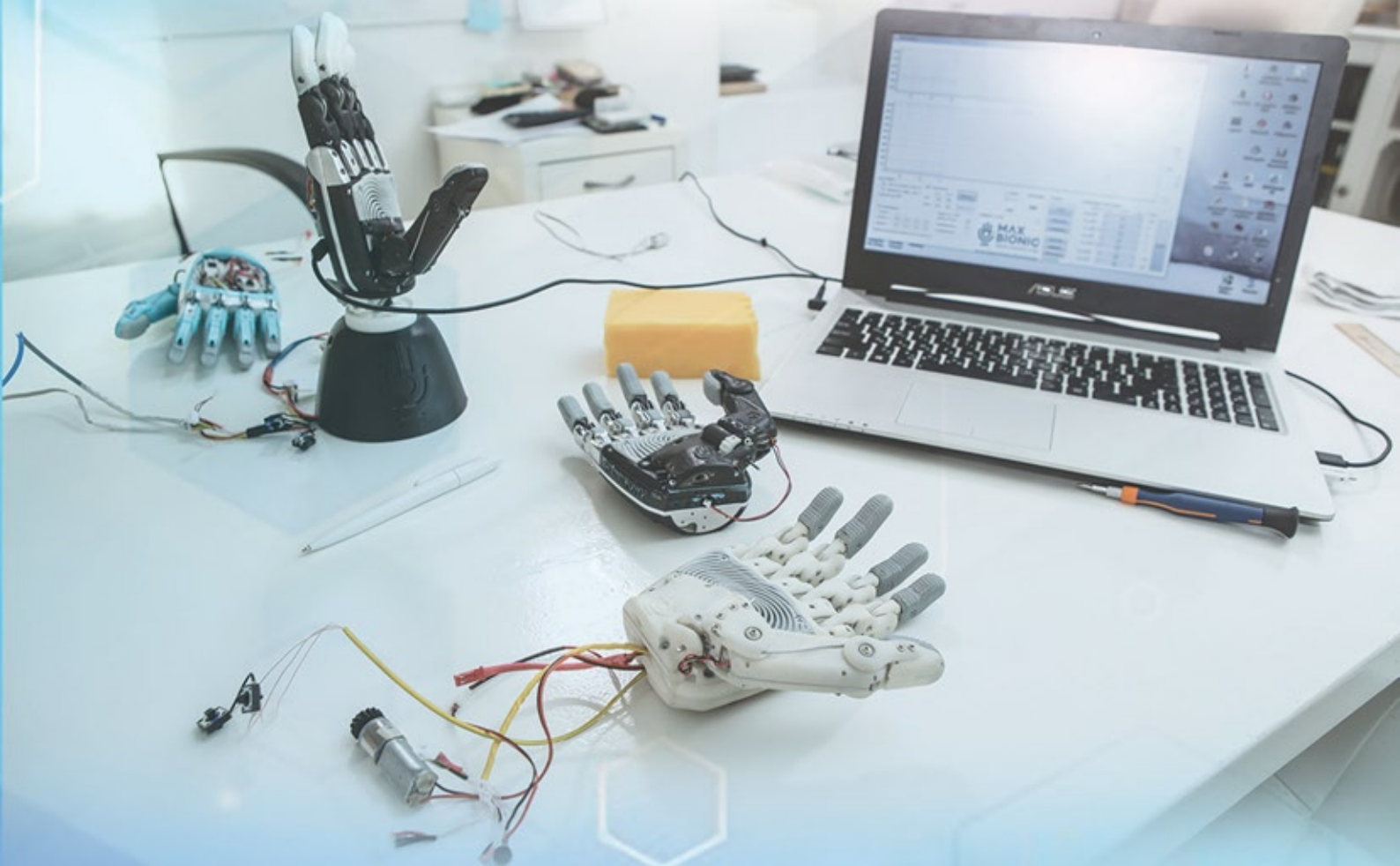


**А.Д. Салєєва, І.Л. Солнцева, Л.О. Белєвцова,
Т.В. Носова, В.В. Семенець**

ВИРОБНИЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ



Харків-2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ
УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПРОТЕЗУВАННЯ,
ПРОТЕЗОБУДУВАННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

А.Д. Салєєва, І.Л. Солнцева, Л.О. Бєлєвцова,
Т.В. Носова, В.В. Семенець

ВИРОБНИЧІ ТЕХНОЛОГІЇ

ТА МАТЕРІАЛИ

Навчальний посібник

Харків-2022

УДК 615.461

*Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Харківського національного університету радіоелектроніки
(протокол №11/12 від 24.12.2021 р.)*

Салєєва А.Д., Солнцева І.Л., Белєвцова Л.О., Носова Т.В., Семенець В.В.
Виробничі технології та матеріали: Навч. посібник / А.Д. Салєєва,
І.Л. Солнцева, Л.О. Белєвцова, Т.В. Носова, В.В. Семенець. – Харків:
ХНУРЕ, 2022. – 92 с.

ISBN 978-966-659-376-7

У навчальному посібнику наведено матеріали, які застосовуються в ході виготовлення протезів та ортезів, викладено основні технології виготовлення протезів і ортезів верхніх, нижніх кінцівок, а також ортезів на хребет, наведено комплектувальні вироби для цих виробів. Описано інструменти та обладнання протезної майстерні.

Рекомендується студентам денної та заочної форм навчання спеціальності «Біомедична інженерія», освітня програма «Ортопедичні технології та інженерія».

ISBN 978-966-659-376-7

DOI: 10.30837/978-966-659-376-7

- © А.Д. Салєєва, І.Л. Солнцева, Л.О. Белєвцова,
Т.В. Носова, В.В. Семенець, 2022
- © Харківський національний університет
радіоелектроніки, 2022

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Технології, які використовують під час виготовлення протезів верхніх та нижніх кінцівок для різного рівня ампутацій	5
1.1 Матеріали для виготовлення протезів верхніх та нижніх кінцівок, їхня переробка та обробка	5
1.2 Обладнання та інструменти	55
1.3 Контрольні запитання	60
2 Технології, які використовують під час виготовлення ортезів на верхні та нижні кінцівки і хребет для різних захворювань	61
2.1 Матеріали для виготовлення ортезів на верхні та нижні кінцівки і хребет, їхня переробка та обробка	61
2.2 Обладнання та інструменти.....	76
2.3 Контрольні запитання	81
3 Техніка безпеки в протезно-ортопедичній майстерні	82
3.1 Техніка безпеки під час роботи з обладнанням та інструментами	82
3.2 Техніка безпеки під час роботи з матеріалами для виготовлення протезно-ортопедичних виробів.....	85
3.3 Контрольні запитання	87
Перелік джерел посилання	88

ВСТУП

Знання, отримані в процесі вивчення дисципліни «Виробничі технології та матеріали» та викладені в цьому посібнику, допоможуть фахівцям проводити коректний вибір протезів і ортезів для широкого діапазону клінічних ситуацій і визначати необхідні технології та матеріал з урахуванням його особливого комплексу властивостей для забезпечення максимальної ефективності конструкції протезних/ортезних систем.

На сьогодні за оцінками експертів ООН особи з інвалідністю складають приблизно 10% від усього населення планети (при коливаннях цього показника від 1 до 27%). В Україні кількість таких осіб становить близько 2,7 млн, з них 23% особи з інвалідністю з порушеннями опорно-рухового апарату.

Ефективна реабілітація осіб з інвалідністю з порушеннями опорно-рухового апарату успішно реалізується за допомогою комплексу медичних і технічних методів і засобів. Основними технічними засобами реабілітації є протезно-ортопедичні вироби (ПОВ): протези нижніх і верхніх кінцівок, ортези на верхні і нижні кінцівки, ортези на хребет (корсети), ортези на стопу – ортопедичні устілки та ін., для виготовлення яких використовуються різні матеріали як природного, так і штучного походження, а в більшості випадків, їхнє сполучення.

У світі існує широкий асортимент технічних засобів реабілітації як серійного, так і індивідуального виготовлення з можливістю урахування індивідуальних особливостей людини, що дозволяє урізноманітнити їхні функціональні можливості. У серійному виробництві виготовляються зазвичай комплектувальні вироби до технічних засобів реабілітації.

Процес виробництва індивідуальних виробів, як правило, має дискретний характер, має високу міру кастомізації, що дозволяє враховувати індивідуальні особливості пацієнтів з метою швидкого реагування на їхні потреби, і здійснюється в протезно-ортопедичній майстерні або ділянці протезно-ортопедичного підприємства.

Основою виробничої діяльності є технологія, на ефективність якої найбільше впливають обладнання та матеріали, які використовують при цьому.

Основна література вказана за посиланнями [1–25], додаткову літературу можна подивитись у джерелах [26–49].

1 ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОТЕЗІВ ВЕРХНІХ ТА НИЖНІХ КІНЦІВОК ДЛЯ РІЗНОГО РІВНЯ АМПУТАЦІЇ

Застосована на протезно-ортопедичних підприємствах технологія є традиційною, типовою, становить складання виробів з окремих уніфікованих вузлів і модулів, індивідуалізація ПОВ здійснюється за рахунок приймальної гільзи і схеми побудови протеза. У більшості випадків приймальні гільзи виготовляються на протезно-ортопедичних підприємствах шляхом формування термопластичних матеріалів або литтьових смол (шаруватих пластиків) по гіпсових моделях частин тіла людини. Під час виготовлення приймальних гільз протезів нижніх та верхніх кінцівок застосовуються різні технології залежно від матеріалів, що використовуються. Комплектувальні вироби до протезів, а саме: модулі, вузли для заміни втрачених суглобів виготовляються на підприємствах із застосуванням легованих та вуглецевих сталей та їхніх сплавів, титанових та алюмінієвих сплавів. Для найбільш функціональних модулів і вузлів застосовуються електронні деталі. Штучні стопи виготовляються зі зносостійких полімерних матеріалів, частіше поліуретанів, можливі їхні комбінації з пружними елементами, виготовленими з препрегу або термопластів, армованих вуглетканиною (карбонів). До комплектувальних виробів ортезів належать шарніри та шини різноманітної конструкції. Шини виготовляються зі сталі та її сплавів, сплавів титану та алюмінію. Шарніри частіше виготовляють зі сталі та її сплавів.

1.1 Матеріали для виготовлення протезів нижніх та верхніх кінцівок, їхня переробка та обробка

Першими матеріалами, що використовувались з найдавніших часів для цілей протезування, були природні матеріали: шкіра, дерево, метали. Кожний з них має свої переваги: шкіра – газопроникність, потопоглинання, еластичність, теплозахисні властивості; дерево – міцність, гігієнічність і також добрі теплозахисні властивості; метал – високу міцність. Але водночас, шкіра – негігієнічна, легко деформується, а технологія виготовлення протезних виробів з дерева складна і трудомістка. Крім того, протезно-ортопедичний виріб (ПОВ) – це складна система, що вимагає сполучення властивостей, характерних для кожного з перерахованих матеріалів. Разом з багатьма конструктивними

перевагами природних матеріалів вони проявляють у ПОВ і свої негативні якості, а саме: високу матеріаломісткість, питому вагу, високий коефіцієнт тертя, теплопровідність, абразивний знос, схильність до корозії, твердість, ускладнені технологічні процеси переробки тощо, які не дають можливостей оптимально удосконалювати засоби реабілітації, надавати їм необхідну функціональність, косметичність і створювати необхідні сучасні конструкції. При цьому, витрачається велика кількість гостродефіцитних природних сировинних ресурсів (деревини цінних порід, натуральна листова дублена шкіра, метали, бавовна та ін.), з утворенням значних відходів, які не знаходять цілеспрямованої утилізації.

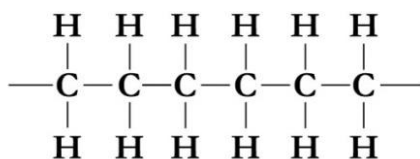
Таким чином, протези, виготовлені зі сполученням природних матеріалів, мають основні недоліки – значна вага, некомфортність і нестабільність форми.

Ці недоліки і негативні явища можуть компенсувати спеціально створені синтетичні матеріали. З розвитком хімії і хімічних технологій розширюється асортимент, кількість і використання в протезобудуванні так званих базових традиційних полімерних матеріалів. Цього вимагають і основні напрями науково-технічного прогресу в народному господарстві. Дуже важливим при цьому є інформованість протезистів щодо фізико-механічних, фізико-хімічних, технологічних, санітарно-гігієнічних, біологічних властивостей матеріалів, які до сьогодні не систематизовані. Впровадження в протезну справу полімерних матеріалів здійснюється переважно за інтуїцією протезистів, що призводить до негативних результатів протезування і, зрештою, такі матеріали виявляються непридатними для протезобудування за багатьма показниками.

В протезобудуванні використовуються термопластичні, термореактивні полімерні матеріали, а також газонаповнені, еластомери, композиційні матеріали та ін.

Поліолефіни

Основну групу серед термопластичних матеріалів складають поліолефіни. Ця група лінійних карбонанцюгових полімерів, хімічна формула яких складається тільки з атомів вуглецю та водню, є найбільш економічна та доступна (рис. 1.1).



Поліолефін

Рисунок 1.1 – Структурна формула поліолефіну

Всесвітнє використання термопластичних поліолефінових еластомерів у 2010 році склало 120 млн тон (рис. 1.2, 1.3).

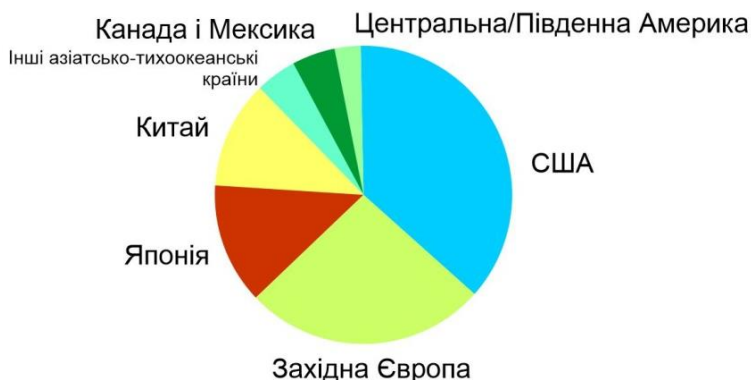


Рисунок 1.2 – Всесвітнє використання термопластичних поліолефінових еластомерів у 2010 році

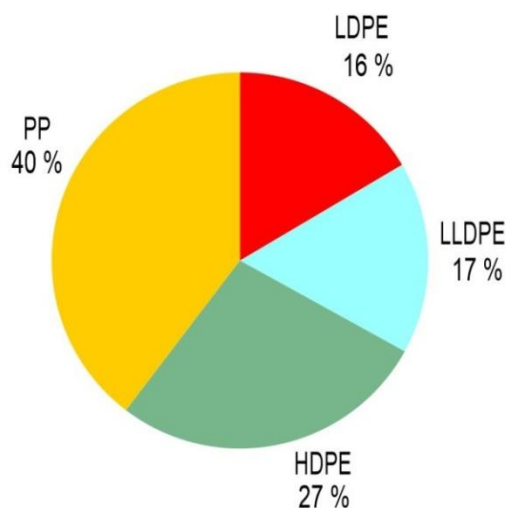


Рисунок 1.3 – Розподіл використання у світі термопластичних матеріалів, де:

LDPE – поліетилен низької щільності,

LLDPE – лінійний поліетилен низької або середньої щільності,

HDPE – поліетилен високої щільності,

PP – поліпропилен

До групи поліолефінів належать поліетилен, поліпропілен, полібутилен і сополімер етилену з іншими мономерами: етилену з пропіленом (СЕП), етилену з вінілацетатом (СЕВА) тощо.

Поліетилен знайшли застосування під час виготовлення, в основному, ортезів на кінцівки та хребет (корсетів), ортопедичних устілок. Властивості цих матеріалів будуть описані нижче.

Із групи поліолефінів у протезобудуванні використовуються сополімери етилену з вінілацетатом для виготовлення тестових приймальних гільз протезів кінцівок.

Матеріали на основі *сополімерів етилену* для виготовлення ортезів і гільз протезів методом глибокого витягування пропонує бельгійська фірма Orfit Industries. Це термопластичні матеріали напівпрозорі, різного ступеня твердості.

Orfitrans м'який – матеріал на основі сополімера етилену з метакриловою кислотою. Листи розміром (400 x 400) мм і (800 x 1200) мм, товщиною – 4,7, 6,3 і 12,5 мм, температура плавлення – 80–100°C, густина – 940 кг/м³. Режими переробки: температура розігріву листа – 150°C, тривалість розігріву – 12–25 хв. залежно від товщини листа.

Цей матеріал не рекомендується для ортезів, що піддаються регулярному циклічному навантаженню (наприклад, ортез на стопу).

Orfitrans екстра м'який – матеріал на основі сополімера етилену з вінілацетатом. Листи розміром (400 x 400) мм і (800 x 1200) мм, товщиною – 6, 9 і 12 мм, температура плавлення – 80–90°C, густина – 930–970 кг/м³. Режими переробки: температура розігріву листа – 150°C, тривалість розігріву – 11–14 хв залежно від товщини листа. Цей матеріал рекомендується для високоеластичних гільз протезів кінцівок.

Orfitrans супер м'який – матеріал на основі сополімера етилену з вінілацетатом. Листи розміром (400 x 400) мм і (800 x 1200) мм, товщиною – 6, 9 і 12 мм. Режими переробки: температура розігріву листа – 150°C, тривалість розігріву – 8–12 хв. залежно від товщини листа. Цей матеріал має надзвичайно високу гнучкість і дуже м'яку поверхню. Рекомендується для виготовлення високоеластичних гільз протезів кінцівок.

Під час виготовлення приймальних гільз протезів верхніх і нижніх кінцівок також застосовуються поліакрилати, які переробляються методом вакуумпросочення декількох шарів трикотажної трубки. Широко використовуються поліакрилати, запропоновані фірмою Otto Wock, фірмова назва Ортокрил. Це безбарвні, прозорі, двокомпонентні смоли на основі метилметакрилату. Вони випускаються декількох типів: ортокрилова термосмола (зігельхарц) для ущільнення і посилення, ортокрилова смола – зв'язуюче в шаруваті пластики для твердого ламінату, ортокрил м'який для гнучкого ламінату, ортокрил особливо м'який для особливо м'якого ламінату і С-ортокрилова смола – зв'язуюче в шаруваті вуглепластики. Твердіння цих смол відбувається при кімнатній температурі під час введення порошку – затверджувача кількістю 1–2 г на 100 г смоли.

Полікарбонат

Полікарбонат використовується в його прозорій формі (Лексан) для виготовлення тестових та приймальних гільз протезів. Оскільки він прозорий, то може використовуватися, коли шкіра пацієнта повинна часто перевірятися через небезпеку ушкодження тканини через надмірний тиск. Він формується при температурах 180 – 210°C та витримується приблизно 24 години.

Термореактивні матеріали або реактопласти – клас полімерних матеріалів, переробка яких у виробі супроводжується хімічними реакціями утворення тривимірного полімеру (твердінням). При цьому пластмаса необоротно втрачає здатність переходити у в'язкотекучий стан. Це змушує проводити переробку реактопластів у декілька стадій.

На першій стадії здійснюється синтез олігомера (смоли). Це матеріал з невисокою молекулярною масою 500–1000. Завдяки цьому олігомери мають низьку в'язкість і легко сполучаються з іншими компонентами. Після введення в олігомер усіх компонентів плинність композиції залишається високою, що дозволяє формувати виріб і вільним заливанням, і просоченням, і намотуванням, тому що композиція рівномірно розподіляється по всій формуючій поверхні, навіть складної конфігурації.

У табл. 1.1 наведено мономери, що складають основні промислові олігомери.

Таблиця 1.1 – Мономери, що складають основу полімерних смол

Найменування смоли	Складові мономери
Фенол-формальдегіди	Фенол+формальдегід
Карбамідні	Формальдегід + синтетична сечовина (або меламін)
Поліефірні	Багатоатомні спирти (гліцерин, пентаеритрит) + багатоосновні кислоти (фталева, малеїнова, себацінова, адипінова)
Епоксидні	Епіхлоргідрин + фенол
Кремнійорганічні	Алкілхлорсилан + ефіри кремнієвої кислоти

Смоли, які використовуються у протезуванні/ортезуванні

Епоксидні смоли

Епоксидні смоли – продукт поліконденсації епі– або діхлоргідрину і дво– або багатоатомних фенолів (діфенілолпропан) у лужному середовищі. Отримали свою назву за епоксидними групами, які входять до молекули полімеру (рис. 1.4).

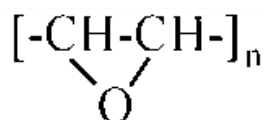


Рисунок 1.4 – Структурна формула епоксидної смоли

У незатверділому стані це термопластичні, в'язкі рідини жовтого кольору. Твердіють за наявності каталізатора (поліетиленполіамін (ПЕПА), інші аміни, дікарбонові кислоти та їхні ангідриди) протягом 6–10 годин при кімнатній температурі. При підвищених температурах 60–200°C тривалість твердіння скорочується в 2–4 рази. Епоксидні полімери застосовуються як високоміцний конструкційний матеріал. У протезобудуванні знаходять застосування смоли ЕД-16 і ЕД-20. Ці смоли з молекулярною масою 300–600 становлять рідков'язкі речовини, які мають високу реакційну здатність, що дозволяє переробляти їх без нагрівання або при помірних температурах.

Поліефірні смоли

Поліефірні смоли – продукт поліконденсації багатоатомних спиртів (гліцерин, пентаеритрит) з багато- або двоосновними кислотами (фталевою, малеїною, адипіною, себаціною) та їхніми ангідридами. Розрізняють насичені і ненасичені поліефіри.

Ненасичені поліефірні смоли є розчином ненасиченого поліефіру в мономері, здатному сополімеризуватися з ним. Як розчинники поліефірів, які є зшиваючими мономерами, використовують стирол і діметилметакрилат триетиленгліколю (ТГМ-3).

Ненасичені поліефіри – це термореактивні матеріали, що мають невелику в'язкість, здатність до твердіння як при підвищених, так і при кімнатній температурах без виділення летючих продуктів. У затверділому стані вони мають добрі фізико-механічні властивості, високу водостійкість, стійкість до дії лугів і мінеральних кислот.

Для твердіння при кімнатній температурі використовують ініціюючі системи, які складаються з органічного перекису або гідроперекису і прискорювача (гідроперекис кумола + нафтенат кобальту; перекис метилетилкетона + нафтената кобальту). Перекиси застосовуються в рідкому вигляді або у вигляді паст у суміші з пластифікатором, а прискорювачі у вигляді розчинів у зшиваючому мономері. Як прискорювач, найчастіше використовують розчин кобальтової солі нафтенових кислот у стиролі (НК-1, НК-2) або в ТГМ-3 (УК). Для твердіння безстирольних смол, крім прискорювача УК, застосовують безстирольні прискорювачі БНК-2 і ЛКТ-3.

Твердіння за підвищених температур протікає без використання прискорювача. Як затверджувачі в цьому випадку використовуються також перекуси дікумилу, ді-трет-бутилу, лаурилу тощо. Поліефірні смоли використовуються під час виготовлення приймальних гільз протезів.

У табл. 1.2 наведено характеристики деяких, найбільш використовуваних, ненасичених поліефірних смол.

Для використання в протезобудуванні допускаються тільки безстирольні поліефірні смоли. З промислових марок до них належить смола ПН-609-21М.

Кремнійорганічні полімери (поліоргансилоксани, силікони) – великий клас високомолекулярних елементоорганічних з'єднань, які містять у макромолекулі атоми кремнію. Загальну формулу поліоргансилоксанів наведено на рис. 1.5:

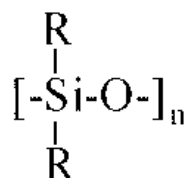


Рисунок 1.5 – Загальна формула поліоргансилоксанів

Силікони – це полімери, якісе, залежно від будови, маслянисті, смоло- або каучукоподібними речовинами.

Силіконові олії є лінійними полімерами. Їхньою особливістю є висока плинність, завдяки чому виявляються такі властивості, як гідрофобність і здатність заглушувати піну. Це прозорі рідини, які не мають смаку і запаху. Мають термостабільність в інтервалі температур від мінус 60°C до плюс 300°C, низьку летючість і поверхневий натяг, відмінні антиадгезійні властивості.

Завдяки комплексу властивостей силіконові олії використовуються як гідравлічні рідини, термостійкі змащення, розділові засоби. Найбільш відомою і широко застосовуваною у промисловості є гідрофобізуюча рідина ГКЖ. У таблиці 1.2 наведено фізико-механічні і технологічні характеристики ненасичених поліефірних смол

Силіконові смоли – це значно розгалужені полімери. Як усі кремнійорганічні матеріали, вони характеризуються незначною залежністю фізико-механічних характеристик від температури. Переважно вони використовуються як зв'язуюче під час виготовлення склотекстолітів, прес-матеріалів, жаростійких лаків.

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні і технологічні характеристики ненасичених поліефірних смол

Марки	Густина при 20°C, кг/м ³	Вміст, %		В'язкість при 20°C за ВЗ-1, с	Час гелеутворення при 20°C, хв	Максимальна температура саморозігріву при твердінні при 40°C, °C	Час досягнення максимальної екзотерми твердіння, хв	Термін зберігання, міс.
		стирол	ТГМ-3					
ПН-1	1120–1160	30–33	–	20–40	60–120	90–120	30–50	4
ПН-3	1120–1160	28–31	–	20–50	60–180	90–150	30–60	4
ПН-10	1090	45	–	55–70	180–420	75–115	100–140	4
ПН-15	1040–1060	45	–	60–100	100–350	130–150	15–18	4
ПН-16	1030–1050	39–41	–	–	100–200	–	–	4
ПН-609-21М	1200–1300	–	60	20–40	180–1200	70–100	100–300	4
ПН-40	1150–1160	–	50	–	–	150	25	4

Силіконові каучуки, залежно від умов синтезу, можуть бути низькомолекулярними (СКТН) або високомолекулярними (СКТВ).

Низькомолекулярні каучуки – рідкі і в'язкоподібні (залежно від молекулярної ваги) речовини. Перехід у твердий, неплавкий стан відбувається в присутності каталізаторів (оловоорганічних або платинових) за нормальної або невисокої температури. В затверділому стані низькомолекулярні силіконові каучуки відрізняються невисокими фізико-механічними показниками. Однак, у композиціях можна додати їм комплекс властивостей, що поєднували б цінні характеристики: фізіологічну інертність, високі паро- і газопроникність кисню і вуглекислого газу, високий утомлюючий опір при знакоперемінних навантаженнях, гнучкість, м'якість, еластичність. Властивості композицій на основі силіконових каучуків (полімерів) можна змінювати в широких межах залежно від типу використовуваного каучука, наповнювача, пластифікатора та інших добавок. Так, зокрема, твердість СКТН можна змінювати в межах від 0 (у желеподібному стані) до 50 у.о. за А. Шором.

Завдяки здатності до розвантажування, миттєвому розподілу ударних точкових навантажень по всій поверхні виробу, композиції на основі низькомолекулярних силіконових каучуків знайшли застосування у протезобудуванні під час виготовлення зм'якшуючих вкладишів у гільзи протезів нижніх кінцівок і ортопедичних устілок. З них виготовляють також косметичні оболонки протезів верхніх кінцівок. Високопластифіковані силіконові каучуки використовуються під час виготовлення протеза грудної залози.

Сьогодні для ортезування пропонується широкий спектр силіконових матеріалів як імпортих, так і вітчизняного виробництва. Найбільш відомі вітчизняні низькомолекулярні каучуки СКТН чотирьох марок (А, Б, В, Г), які розрізняються молекулярною масою.

Фірма Otto Wock для виготовлення індивідуальних вкладишів у гільзу протеза нижніх кінцівок пропонує силіконову композицію холодного твердіння ОРТОСИЛ різних модифікацій: тверду і м'яку. За наявності переваг: добрі фізико-механічні характеристики, гнучкість, стійкість до стирання; до недоліків даного матеріалу належить недостатня м'якість і тенденція до збільшення твердості в процесі експлуатації. Нижче наведено характеристики композиції ОРТОСИЛ.

Характеристики композиції ОРТОСИЛ

Густина, кг/м ³	1130
Умовна міцність в ході розтягування, МПа	2,45
Відносне видовження при розриві, %	1045
Твердість за Шором А, у.о.....	40
Час вулканізації, хв	40

Композиційні матеріали – це гетерофазні системи, які отримані з двох або більше компонентів зі збереженням індивідуальності кожного з компонентів. Полімерні композиційні матеріали – це сполучення полімерів із твердими, рідкими або газоподібними речовинами (наповнювачами), що відносно рівномірно розподіляються в об’ємі композиції, яка утворюється, і мають чітко виражену межу розділу з безперервною полімерною фазою (матрицею).

Як наповнювачі для отримання композиційних пластмас у більшості випадків застосовують тверді наповнювачі:

- тонкодисперсні порошкоподібні з частками зернистої форми, такі як крейда, каолін, сажа, двоокис кремнію, деревне борошно тощо;
- тонкодисперсні порошкоподібні з частками пластинчастої форми, такі як тальк, слюда, графіт та ін.;
- волокнисті матеріали у вигляді елементарних волокон, ниток, пасом, джгутів, тканин, полотен, матів, папера, шпони, прутків, сіток;
- еластофікатори, якими є полімери з низьким модулем пружності (еластомери), що використовуються у сполученні з твердими термопластами (полістирол) і реактопластами.

Композиційні матеріали з газоподібним наповнювачем виділені в окрему групу – газонаповнені пластмаси.

Для отримання шаруватих пластиків використовують *листові* наповнювачі, до яких належать папір, тканини, у тому числі, синтетичні тканини, склотканини, вуглетканини, шпони, полотна, сітки, плівки, мати й інші матеріали, що мають пористу або волокнисту структуру. Застосовують їх переважно для наповнення термореактивних полімерів.

У протезуванні композиційні матеріали використовуються практично в усіх видах виробів. Найбільш широке використання знайшли армовані і шаруваті пластики, а також препреги.

Армовані і шаруваті пластики

Армовані і шаруваті пластики найбільш широко використовуються для виготовлення приймальних гільз протезів кінцівок. Вироби виготовляються

за гіпсовою моделлю контактним або «мокрим» способом контактної-вакуумного формування.

Як зв'язуюче для армованих протезно-ортопедичних виробів використовуються смоли холодного твердіння: акрилові, наприклад, ОРТОКРИЛ, поліефірні безстирольні, такі, як ПН 609-21М, поліамідний лак.

Фірма Otto Wock пропонує поліефірну литтвову смолу 617Н28 для твердого ламінату і 617Н30 для гнучкого ламінату в комплекті з пастою затверджувачем 617Р14 і прискорювачем 617Z13, які змішуються в співвідношенні (100:3:1) частин.

Для отримання менш твердих і крихких, порівняно із шаруватими пластиками на основі поліефірних зв'язуючих, можна використовувати як зв'язуюче композицію на основі олігоефіракрилату МГФ-9 з перекисом бензоїла як каталізатора твердіння, прискорювачем – сечовиною і пластифікатором – дібутилфталатом у співвідношенні (100:0,5:2:2) мас.ч. температура твердіння 90–100°C. Час твердіння 3–4 години. Протягом першої години після завершення процесу твердіння матеріал може підформовуватись під час нагрівання до 90–100°C.

Найбільш широко у протезобудуванні при виготовленні приймальних гільз протезів як зв'язуюче застосовуються акрилові литтвові смоли. З цією метою використовуються смоли холодного твердіння, зокрема Ортокрил:

- 617Н21 (зігельхарц), 617Н19 – для твердого ламінату,
- 617Н17 – для гнучкого ламінату, 617Н51 – для особливо гнучкого ламінату і
- 617Н55 – під час використання карбонових волокон у комплекті з порошком-затверджувачем 617Р37.

У табл. 1.3 наведено порівняльні характеристики шаруватих пластиків на основі різних зв'язуючих.

Як уже зазначалося вище, властивості армованих і шаруватих пластиків, крім зв'язуючого, залежать також від типу наповнювача, його вмісту, кількості шарів, схеми укладання армуючого наповнювача. Асортимент армуючих матеріалів, які застосовуються в протезобудуванні, досить широкий. Вони розрізняються за хімічною природою волокна, номінальною товщиною і кількістю петель у готовому матеріалі, типом плетіння, розривним навантаженням. За різних варіацій їхньої комбінації можна задавати величину фізико-механічних характеристик шаруватого пластику.

Для отримання шаруватих пластиків використовують *листові* наповнювачі, до яких належать папір, тканини у тому числі синтетичні

тканини, склотканини, вуглетканини, шпони, полотна, сітки, плівки, мати й інші матеріали, що мають пористу або волокнисту структуру. Застосовують їх переважно для наповнення термореактивних полімерів.

Таблиця 1.3 – Характеристики шаруватих пластиків на основі різних зв'язуючих

Найменування показника	Тип зв'язуючого		
	ДПКФ-1	Ортокрил 617Н19	Поліефірна смола 617Н28
Міцність в ході розтягування, МПа	30,1–34,1	31,4–34,4	39,4–45,6
Відносне видовження у разі розриву, %	16,5–17,6	12,9–15,3	12,9–15,3
Міцність у разі вигину, МПа	25,7–41,6	31,6–48,1	52,6–67,8
Ударна в'язкість, кдж/м ²	26,22–32,24	20,3–22,84	21,5–29,77
Здатність до термоформування матеріалу при товщині ≈ 3,8 мм	формується	формується	формується
Час затвердіння, хв.	35–40	35–40	100–110

Як армуючі матеріали, у протезно-ортопедичних виробках використовуються, в основному, матеріали пропоновані фірмою Otto Bock:

- перлоновий трикотажний рукав 623Т3 (ширина рукава від 40 до 300 мм);
- перлоновий еластичний трикотажний рукав із дрібними петлями сильно розтяжний 623Т5 (ширина від 60 до 300 мм);
- нейлоновий трикотажний рукав, що скручується, білий 623Т10 (ширина від 90 до 200 мм) і тілесний 623Т8 (ширина від 60 до 150 мм);
- нільскляний трикотажний рукав (суміш нейлону і скловолокна) 623Т9 (ширина від 60 до 300 мм);
- нільскляний трикотажний рукав, що скручується, 623Т11 (ширина від 90 до 200 мм);
- еластичний трикотажний рукав для роботи із силіконом 623Т13 (ширина 60, 100 і 150 мм);
- рукав зі склотканини високоеластичний, тканина з натягом у двох напрямках 616G3 (ширина від 60 до 300 мм);
- виготовлення тонкостінних, але твердих ламінатів 616G13 (ширина 60, 80 і 100 мм);
- карбоскловолокнистий плетений рукав для виготовлення тонкостінних високоміцних ламінатів 616G14 (ширина 80 і 100 мм);

- карбоволокнистий плетений рукав для виготовлення твердих профільних розпірок, затисків і з'єднань 616G15 (ширина 20 мм);
- фільтр Дакрон для набивання армування для ущільнень і опор для туберу і тощо 616G6 (ширина 1000 мм);
- скловолокнистий мат (мат Бігелова) 600 кг/м² для часткового посилення ламінату 616G14 (ширина 920 мм);
- мат зі склотканини, 280 кг/м², для накладальних ламінатів 616G18 (ширина 1000 мм);
- мат з карбоноволокнистої тканини, 200 г/м², обсяг 2/2 для часткового високоміцного посилення ламінату 616G12 (ширина 1200 мм);
- скловолокниста стрічка 699B1;
- стрічка зі склотканини 699B2 (ширина 20 мм);
- стрічка з карбоноволокнистої склоткани 616B2 (ширина 25 і 50 мм);
- стрічка з карбоноволокнистої тканини з натягом в одному напрямку 616B1 (ширина 25, 50, 75, 100 мм);
- перлонове ватне полотно 617V2.

Бавовна

Бавовна – тверде і недороге біле або жовте волокно, яке виростає з насіння бавовняної рослини. Бавовняне волокно нагадує згладжену трубку спіральної форми. До позитивних властивостей бавовни належить їхнє природне кручення, здатність абсорбувати воду, здатність зберігати стійкість в сирих умовах. Білі бавовняні матеріали можна кип'ятити, без втрати їхніх природних властивостей. Завдяки цим властивостям бавовну дуже широко використовують в медицині, де необхідна постійна стерилізація. Але бавовняні волокна мають невелику еластичність, а бавовняні тканини мнуться і легко забруднюються.

Вуглецеве волокно

Вуглецеве волокно виготовляється шляхом низькотемпературного піролізу (400°C) та подальшої високотемпературної карбонізації (1500°C) і графітизації (3000°C) частіше штучних волокон, наприклад, поліакрилонітрилу, в результаті чого збільшується вміст вуглецю у волокнах до 95% по масі. Вуглецеве волокно має високу стійкість до витягнення величиною 2,900 Н/мм², але занадто жорстке. Комбінуючи вуглецеві волокна або тканини зі смолами отримують надлегкий і міцний матеріал.

Нейлон

Нейлон – надзвичайно міцне і еластичне штучне волокно. Нейлонові нитки виготовляються пресуванням рідкого нейлону через шнекові форсунки. Холодну нитку тягнуть, розтягують, а потім нитки з'єднують. Цей процес забезпечує нейлону його високу міцність та еластичність. Нейлонове волокно має гладку поверхню і майже круговий переріз. Загальні властивості нейлону – стійкість, еластичність, невелике поглинання, швидке висихання, а також опір розриву і зносу. На нейлон не впливають личинки або інші комахи, і він стійкий до багатьох хімічних речовин. Щоб зберегти форму, його потрібно зафіксувати після прання. Можливе прасування при низьких температурах. Температура розм'якшування – 150°C, температура плавлення – 250°C. Нейлон стійкий до лугів, але розбавляється концентрованими кислотами за низьких температур. Стійкий до органічних розчинників. Нейлонова тканина дуже довговічна та є ідеальним наповнювачем для шарів термореактивних смол.

Дакрон

Дакрон виготовляють з полієфіру, який нагрівають і пропускають через форсунки для утворення ниток. Нитка дакрону має круглий переріз і майже гладку поверхню. Нитки дакрону дуже еластичні. Дакрон водостійкий матеріал. Температура розм'якшення 205°C. При 190°C поверхня матеріалу стає липкою. Стійкий до мінеральних кислот і слабких лугів, обмежено стійкий до розчинів концентрованої сірчаної кислоти і слабких лугів при нормальній температурі. Проте, руйнується в сильних лугах при температурі плавлення. Стійкий до дії окисників. Не розчиняється у більшості органічних розчинників, але розбавляється фенолом. Повсть з дакронової тканини дуже добре зберігає свою форму і еластичні властивості навіть в сирих умовах. Він легко миється, швидко сохне, і тому ідеальний матеріал для одягу. Дакронові тканини не розтягуються в процесі носіння.

Трубчасті панчохи (чохли)

Трубчаста панчоха – тканина, яку в'яжуть без швів. Вона виготовляється з бавовни, нейлону, або перлону, має еластичні властивості, за рахунок чого легко пристосовується до особливостей кінцівки або тулуба пацієнта. Еластичність та м'якість трубчастої панчохи залежить від матеріалу, з якого його ткали. Вільно кручена нитка м'яка і має виняткову еластичність. Трубчасті панчохи використовуються як контактуюча поверхня між шкірою і гіпсом впродовж зняття негативу, а також як бар'єр між шкірою і готовим ортезом для захисту від тертя. Вони також використовуються як додатковий бар'єр

між гіпсовою моделлю і термопластом впродовж термоформування під час виготовлення виробу з термопласту, і в процесі формування гільзи ортеза або протеза впродовж процесу пошарового формування, як шар для просочування термореактивної смоли. Трубочасті панчохи, виготовлені з нейлону і дакрону, набагато легші, ніж виготовлені з інших матеріалів. Розмір панчохи варіюється між 4 см і 18 см.

Трубочасті панчохи з перлона

У перлонових трубочастих панчохах комбінуються переваги їхніх компонентів: нейлону, полієфіру і бавовни. Властивості полієфірного компоненту співпадають з властивостями дакрону.

Крім використання литтьових смол, для виготовлення виробів з армованих пластиків у практиці протезобудування під час виготовлення гільз протезів існує досвід застосування термопластів, зокрема, армованого поліетилену. Як зв'язуюче використовується стрічка з ПЕНЩ марки 15803-020, а, як армуючий матеріал – трикотажний рукав з бавовняної пряжі кількістю 20–25% від ваги зв'язуючого. Армування відбувається пошарово, спіралью з нахлестом, намотуванням поліетиленової стрічки на шар трикотажної трубки, закріпленої на гіпсовій моделі. Кількість шарів плівки та армування визначається залежно від маси пацієнта. Термоформування заготовки (просочення армуючого матеріалу розплавом поліетилену) проводиться за температури 180°C протягом 90 хв. Вироби з такого матеріалу мають більш низьку вагу, здатні підформуватись під впливом температури, менш крихкі порівняно із шаруватим пластиком з литтьових смол. Однак, до їхніх недоліків належить більш висока товщина виробу і трудомісткість процесу виготовлення.

Еластомерами називаються високомолекулярні з'єднання з низькою температурою переходу зі склоподібного стану у високоеластичний. Для них характерна здатність до великих зворотних деформацій і зберігання міцності під час різних деформацій. Здатність еластомерів повертатися до початкових розмірів після зняття навантаження обумовлена фізичними властивостями макромолекули еластомерів і, головним чином, їхньою гнучкістю.

Особливим класом таких з'єднань є каучуки і, зокрема, синтетичні каучуки. Натуральний каучук є продуктом рослинного походження, що міститься в молочному соці каучуконосних рослин, зокрема, бразильській гевеї, з латексу якої і добувають, головним чином, каучук. Синтетичний каучук – це продукт полімеризації різних мономерів.

У практиці протезування/ортезування з усього різноманіття синтетичних каучуків найчастіше застосовуються силіконові каучуки для виготовлення внутрішніх гільз протезів верхніх кінцівок та зм'якшувальних вкладишів у приймальні гільзи протезів нижніх кінцівок.

Таблиця 1.4 – Вплив різного комбінування армуючих матеріалів на величину значень фізико-механічних характеристик

Значення фізико-механічних показників			Кількість шарів і тип армуючого матеріалу			
Міцність під час розтягування, МПа	Відносне видовження у разі розриву, %	Ударна в'язкість, кДж/м ²	бавовняний чохол	перлоновий чохол	нейлоновий чохол	вуглетканина
Акрилова смола						
33	18	75	6	0	0	0
38	16	69	7	0	1	0
43	14	62	9	2	1	0
43	14	64	7	0	0	2
Поліефірна смола						
39	12	62	1	3	6	0
39	13	63	4	1	1	1
42	11	61	4	3	5	0
42	12	62	8	1	0	1
45	10	59	3	5	2	2
45	11	61	21	0	0	0
46	13	62	2	5	4	0
46	13	63	1	5	3	1
48	12	57	9	2	0	2
48	12	58	8	0	1	2
48	9	57	1	2	4	3
48	10	58	3	0	0	4
50	9	56	0	1	1	5
50	9	58	10	0	1	2
51	11	56	3	5	4	1
51	11	58	1	5	2	3

Кремнійорганічні каучуки

Як вже зазначалося вище, силіконові полімерні матеріали через свої унікальні, порівняно з іншими матеріалами, властивості знаходять все більш широке застосування в протезобудуванні.

Композиції на основі низькомолекулярних силіконових каучуків використовуються як литтвові смоли під час виготовлення індивідуальних лайнерів.

На світовому ринку силіконових матеріалів асортимент композицій і виробів з них, що пропонуються для протезування/ортезування, досить широкий.

Зокрема, фірма OSSUR (Ісландія) і фірма ALPS (США) пропонують типорозмірні лайнери з вулканізованих високомолекулярних силіконових канчуків (рис. 1.6). Ці вироби характеризуються високою еластичністю і м'якістю (твердість за Шором для різних варіацій лайнерів може бути від 0 до 20 у.о.)



Рисунок 1.6 – Типорозмірні лайнери з вулканізованих високомолекулярних силіконових каучуків

Типорозмірні лайнери Skeo для стегна та гомілки із силіконових композицій пропонує також фірма Otto Bock (рис. 1.7). Вони відрізняються дещо більшою твердістю 15–25 у.о.



Рисунок 1.7 – Типорозмірні лайнери Skeo фірми Otto Bock

Лайнер для гомілки Skeo 3D виготовляється з дуже м'якого силікону. Особливо чутливі області кукси захищені від тиску і ударів за допомогою потовщеного шару матеріалу. При цьому зона згинання коліна полегшена завдяки використанню спеціальної зігнутої форми і тоншого шару в області підколінної ямки, що забезпечує зручність і комфорт у процесі носіння.

Фірма WACKER (Німеччина) пропонує цілий спектр матеріалів на основі рідких силіконових каучуків групи Еластосил. Це двокомпонентні матеріали, які твердіють при кімнатній або невисокій (до 80°C) температурі. Після введення в основну масу затверджуючого компонента відбувається вулканізація і перетворення маси у високоеластичну силіконову гуму.



Рисунок 1.8 – Ортопедичні устілки, підп'ятки, виготовлені з матеріалу Еластосил

Затверділі Еластосили зберігають еластичність у широкому діапазоні температур (від -50°C до +200°C). У таблиці 1.5 наведено властивості Еластосилів різних типів. Ці матеріали пропонуються для виготовлення ортопедичних устілок, зм'якшуючих міжпальцевих прокладок, прокладок під плюсну, підп'ятків, нап'яточників тощо.

Марки ELP7623, і ELP7684/60 можна використовувати під час виготовлення оболонки силіконового протезу стопи й оболонки вкладиша у протез стопи, а також індивідуального силіконового вкладиша у приймальну гільзу протеза гомілки, ELP7684/30, ELP7624 і ELP7670 – для опорної подушки в оболонку вкладиша протеза стопи, ELP7672, ELP7672, ELP7676 – для розвантажувальних накладок вкладиша протеза стопи.

Фірма WACKER пропонує також швидкотвердіючі формувальні маси Еластосил P7915 (твердість за Шором А – 15 ум.од.), призначені для прокладок, що розвантажують, при шпорах, і Dental ADS 900 (твердість за А. Шором – 24 у.о.), для зняття негативу з тіла пацієнта. Це еластичні двокомпонентні

каучуки, які вулканізуються при кімнатній температурі з дуже великою швидкістю. Характеристики швидкотвердіючих формувальних мас наведено у табл. 1.6.

Істотним недоліком матеріалів групи Еластосил є значна тривалість процесу вулканізації при кімнатній температурі (до трьох годин) або необхідність застосування підігріву до 50–80°C для скорочення часу повної вулканізації, що ускладнює технологічний процес виготовлення протезу.

Крім того, на базі світових досліджень відомо, що для вкладишів у приймальну гільзу протеза рекомендовано матеріал з показником твердості за Шором у межах 25 ум.од.; для зм'якшувальної подушки в дистальному відділі вкладиша – в межах 15 ум.од.; для ортезів на гомілковостопний суглоб-стопу типу SAFO, що призначається при синдромі «відвисла стопа» при незначній м'язовій спастиці – в межах 35 ум.од.; для м'яких гільз протезів верхніх та нижніх кінцівок, а також для штучних стоп – в межах 50 ум.од. Показники твердості 35–50 ум.од. характерні для високотемпературних силіконових матеріалів. У табл. 1.7 наведено порівняльні характеристики низькотемпературних та високотемпературних силіконів, які свідчать про значно вищі показники фізико-механічних властивостей високотемпературних силіконових еластомерів.

Імпортні аналоги високотемпературних силіконів такі, як CLOROSIL, SILASTIC, EPISI мають досить високу ціну.

Для цілей протезобудування ГНДІ «Еластик» спільно з УкрНДІпротезування розроблені силіконові гумові суміші «Термосил» (*Деклараційний патент на винахід України № 53026 «Полімерна композиція»*) з різними показниками твердості (*ТУ У 25.1-00151644-181: 2010 «Силіконові гумові суміші «Термосил»*), властивості яких приведені в таблиці 1.8.

Завдяки оптимальному комплексу фізико-механічних властивостей, технологічності і невисокої вартості, вітчизняний високотемпературний силіконовий матеріал Термосил отримав широке застосування в протезуванні та ортезуванні. В УкрНДІпротезування на підставі проведених досліджень розроблені технологічні процеси виготовлення різних протезно-ортопедичних виробів з Термосила, які успішно впроваджені на підприємствах галузі.

Таблиця 1.5 – Характеристики рідких каучуків WACKER та їхніх вулканізаторів

Найменування показника	Тип каучуку										
	ELP7600	ELP7613	ELP7623	ELP7624	ELP7648	ELP7664	ELP7666	ELP7670	ELP7671	ELP7662	ELP7676
Співвідношення компонентів (А:В)	1:1	1:1	9:1	9:1	1:1	10:1	10:1	1:1	1:1	1:1	1:1
В'язкість компонента А, МПа·с	4000	2000	18000	5000	35000	16000	16000	1800	1800	1800	1700
В'язкість компонента В, МПа·с	2000	12000	1000	1000	35000	3000	3000	1800	1800	1800	1700
Колір А:В	безбарв.	прозор. безбарв.	безбарв.	безбарв.	прозор. безбарв.	синій	прозор. безбарв.	безбарв.	темно-синій	безбарв.	безбарвн.
Час життя при 23°С, хв	20	180	15	15	180	2100	120	20	40	30	70
Властивості вулканізаторів											
Твердість за А. Шором, ум.од	<<0	13	22	8	8	<<0	5	5	<<0	<<0	<<0
Твердість за А. Шором, ум.од.	26	–	–	45	57	19	–	–	18	10	13
Міцність на розрив, МПа	1,0	2,1	4,0	1,0	2,0	0,8	1,5	2,3	0,5	0,3	0,8
Відносне видовження під час розриву, %	700	450	400	250	600	500	680	70	400	400	400
Опір на роздир, Н/мм	1,5	4,0	14,0	0,5	5,0	1,5	2,4	2,1	1,5	0,5	1,5
Час вулканізації, хв								40	100		

Таблиця 1.6 – Характеристики швидкоотвердуючих силіконових каучуків фірми Wacker та їхніх вулканізагів

Найменування показника	Тип каучуку	
	Еластосил Р7915	Дентал ADS 900
Зовнішній вигляд компонент А компонент В	білий червоний	білий світлосірий
Густина при 20°C, кг/м ³ компонент А компонент В	1250 1250	1240 1280
Співвідношення компонентів (А:В)	1:1	1:1
Час переробки (вручну), хв	2,5	2,5
Властивості вулканізагу		
З тривалістю вулканізації, хв твердість за А. Шором, ум.од	5 10 30 60 240 300 1440	8 10 15
	4 6 7 9 12 14 17	>20 >25 30
Межа міцності під час розриву, МПа	1,2	2,4
Відносне видовження під час розриву, %	550	270
Опір роздиру, н/мм	5	7,3

Таблиця 1.7 – Порівняльні характеристики низькотемпературних та високотемпературних силіконів

Найменування	Тип	Твердість за Шором, ум.од.	Міцність під час розриву, МПа	Відносне видовження, %	Опір роздиранню, Н/мм
ELASTOSIL P7684/60 (Wacker, Німеччина)	Низькотемпературний, двокомпонентний	10–12	1,48	450	3,31
CLOROSIL 85P11 (Otto Bock)	Високотемпературний, двокомпонентний	25	8,3	1250	28,0
SILASTIC Q7-4720 (Dow Corning Corporation)	Високотемпературний, двокомпонентний	22	9,29	1283	32,2
EPISIL 80E11 (Streifeneder, Німеччина)	Високотемпературний, двокомпонентний	24	3,82	970	18,3

Таблиця 1.8 – Властивості вулканізаторів Термосила різних марок

Найменування показника	Марка	
	52-1194	52-1195
Твердість за А. Шором, у.о.	15	20
Умовна міцність під час розтягування, МПа, не менше	1,17	2,5
Відносне подовження під час розриву, %, не менше	650	600
Опір роздиру, Н/мм, не менше	6,4	8,2
	52-1196	52-1241
	35	50
	4,9	5
	717	500
	21	18

Для виготовлення зм'якшувальних вкладишів у приймальні гільзи протезів кінцівок також застосовують *газонаповнені матеріали*.

Одним з видів композиційних матеріалів є газонаповнені пластмаси – дисперсні системи типу «тверде тіло – газ». Ці матеріали характеризуються чітко вираженою агрегатною неоднорідністю через наявність у полімерній матриці більш-менш рівномірно диспергованих газових включень.

Газова фаза у спіненому полімері розподіляється в порожнечах, званих чарунками. Залежно від методу спінення і особливостей рецептури, чарунки можуть мати форму сфер, багатогранників, витягнутих капілярів тощо, і розміри від декількох мікронів до декількох міліметрів.

Залежно від удаваного модуля еластичності, тобто за ступенем твердості, газонаповнені пластичні маси поділяють на *еластичні (м'які), напівтверді і тверді*. М'які пінопласти мають напругу стиску при 50%-й деформації $\leq 1,00$ кгс/см², тверді – $1,5 \geq$ кгс/см², напівтверді займають проміжне положення.

Газонаповнені матеріали мають унікальне поєднання технічних характеристик:

- мала густина при високій міцності,
- тепло- і звукоізолююча здатність,
- термо- і вогнестійкість,
- плинність, газопроникність.

Інтерес до газонаповнених матеріалів обумовлений не тільки цінними експлуатаційними властивостями, але і техніко-економічними показниками. Порівняно з монолітними пластмасами, вони мають найменшу полімероємність (частка полімерної фази може складати лише 3–5 %) і найбільшу теплоізолюючу здатність.

Властивості пінопластів, як і всіх композиційних матеріалів, визначаються сукупністю показників властивостей початкового полімеру, а також властивостями, обумовленими наявністю газової фази в полімері і характером розподілу її в полімерній матриці. Такі показники, як термостабільність, вогне- і хімічна стійкість визначаються природою полімерної основи. Інші характеристики більшою мірою залежать від факторів, що визначають макроструктуру того або іншого пінопласту. Так, на теплоізоляційні властивості пінопластів природа полімеру впливає незначно, більшою мірою цей показник залежить від природи газу, що заповнює чарунки, і структури чарунок. Кращі теплоізоляційні властивості мають пінопласти, у яких переважно закрита структура чарунок.

Волого- і водопоглинання також залежить від структури чарунок. Низькі показники мають пінопласти з закритими чарунками. Для відкритої структури характерне наростання водопоглинання в часі.

Механічні показники пінопластів також залежать не тільки від властивостей стінок чарунок, але й від їхніх розмірів і форми.

У протезуванні найбільше застосування знайшли пінополіетилени, пінополіуретани, піногуми.

У протезуванні листовий або блоковий ППЕ-З застосовується для виготовлення вкладишів у приймальні гільзи протезів, прокладок, елементів ортопедичного взуття, косметичних оболонок протезів, а листовий ППЕ-Р (радіаційно зшитий) під час виготовлення вкладних чохлаів протезів і ортопедичних устілок.

Слід зазначити, що ППЕ має низький опір до здавлювання під навантаженням. Тому останніми роками з появою нових газонаповнених матеріалів ППЕ практично не використовується для зм'якшуючих елементів протеза.

Для виготовлення зм'якшуючих вкладишів у гільзи протезів застосовується або поліуретан – поролон (еластичний листовий ППУ), або листовий піноматеріал на основі поліуретану фірми Otto Wock «педилін».

На відміну від усіх інших газонаповнених матеріалів на основі термопластів **педилін** має найкращий комплекс властивостей, необхідних для зм'якшуючих елементів протезно-ортопедичних виробів: опір здавлюванню, м'якість, здатність до формування, деформаційно-міцнісні показники.

Фізико-механічні властивості педиліну:

Уявна густина, кг/м ³	160
Умовна міцність під час розтягування, МПа.....	1,4
Відносне видовження під час розриву, %	250
Напруга стиску на 40%, МПа.....	0,41
Залишкове видовження, %	55
Відносна залишкова деформація під час стискання, %.....	17
Еластичність за відскоком, %.....	24
Лінійне збігання під час термообробки, 135°С, %.....	9,5

Поряд з розширенням застосування у протезобудуванні різноманітних полімерних матеріалів залишається вагомою частка металів і сплавів, без яких практично не обходиться жодний протезно-ортопедичний виріб. Це, насамперед, силові і несучі вузли протезів нижніх і верхніх кінцівок – колінні механізми,

різні адаптери, хомути, несучі модулі, шини різних конструкцій. Для виготовлення названих вузлів і деталей використовують, переважно, чотири досить широкі групи металевих матеріалів:

- сталі загального призначення;
- конструкційні вуглецеві і леговані сталі;
- алюмінієві сплави;
- технічний титан і титанові сплави.

Під час виготовлення протезно-ортопедичних виробів крім полімерних матеріалів, металів і сплавів ще використовують (як для спеціальних цілей, так і як матеріали для допоміжних деталей у комплектах до протезів) деревину, шкіру, деякі текстильні матеріали, до яких належить і повсть. Для виготовлення негативів та позитивів кінцівок найчастіше застосовується гіпс та гіпсові бинти.

Гіпс – мінерал з класу сульфатів, за складом гідрат сульфату кальцію. Безводний сульфат кальцію (CaSO_4) або негашене вапно – безбарвні кристали за нормальних умов – з ромбічною кристалічною решіткою, щільність $2,96 \text{ г/см}^3$, температура плавлення 1450°C . Це вапно присутнє великою кількістю в земній корі. У природному стані, сульфат кальцію містить приблизно 21% кристалографічної води (у формі «водних кристалів»), що є частиною її кристалічної структури. При підвищених температурах (понад 1200°C) може існувати у вигляді стабільної кубічної модифікації або двох метастабільних α - і β -гексагональних модифікацій. Дуже повільно приєднує воду, гідратуєчись до кристалогідрату з $1/2$ або 2 молекулами води на 1 молекулу сульфату, відповідно $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ і $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Якщо його подрібнити і нагрівати, вміст води в ньому може бути зменшений до 6%. В результаті виходить порошок, відомий як кальцинований гіпс.

З підвищенням температури, але не більше ніж до 180°C двоводний сульфат кальцію втрачає частину води, переходячи у напівводний – так званий «палений гіпс», придатний для подальшого застосування. В ході подальшого нагрівання до 220°C гіпс повністю втрачає воду, утворюючи безводний CaSO_4 , який лише при тривалому зберіганні поглинає вологу і переходить в напівгідрат. Якщо випалення вести при температурі вище 220°C , то виходить безводний CaSO_4 , який вологу вже не поглинає і не «схоплюється» при змішуванні з водою (цю речовину нерідко називають «мертвий гіпс»). В ході подальшого нагрівання до $900\text{--}1200^\circ\text{C}$ можна отримати «гідралічний гіпс», який після охолодження знову набуває властивостей зв'язуватися з водою. Перший спосіб часткової дегідратації застосовують в промислових умовах для отримання напівгідрату сульфату кальцію (паленого гіпсу, алебастру)

$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, нагріваючи дигідрат приблизно до 140°C , рівняння реакції: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O}$. У суміші з водою гіпс твердіє, перетворюючись знову на двоводний гіпс, з виділенням тепла і незначним збільшенням об'єму (приблизно на 1%), такий вторинний гіпсовий камінь має вже рівномірну дрібнокристалічну структуру. У процесі затвердіння гіпсу, який використовується в ортопедії, виділяється невелике тепло та об'єм збільшується тільки на 0,2%, що дозволяє запобігти опіку шкіри пацієнта. Кристали гіпсу мають голчасту форму, і по мірі того, як гіпс застигає, вони взаємодіють один з одним, щоб утворити стійку структуру. Якщо процес порушується, основна матриця буде слабкою. Після охолодження відбувається остаточне твердіння гіпсу.

Гіпс, який тільки що застиг, ще містить багато води, що не дозволяє йому повністю набрати міцність. Міцність такого гіпсу складає від 33% до 50% від можливої в сухому стані. Стадія висихання триває набагато довше, ніж стадія затвердіння, і повністю не закінчується, поки уся волога не випарується з гіпсу. Затвердіння триває від 5 до 45 хвилин. Висихання може зайняти до 8 годин. Час сушки може бути прискорений під час сушки гіпсу в печі при температурі $50 - 65^\circ\text{C}$ з циркулюючим повітрям. При більш високих температурах гіпс стає крихким.

Чинники, які впливають на час затвердіння і сушки для гіпсу:

1. Якість гіпсу і кількість води в суміші.
2. Температура води. Холодна вода затримує затвердіння, а гаряча вода прискорює його.
3. Товщина гіпсу.
4. Температура, вологість повітря.
5. Спосіб, яким суміш розмішується.

Час схоплювання для різного гіпсу вказується виробниками. Не рекомендується використовувати прискорювачі затвердіння, оскільки вони знижують якість гіпсу.

В ортезуванні і протезуванні для зміни швидкості затвердіння гіпсу рекомендується варіювати температуру і кількість води.

Гіпсові бинти (рис. 1.9)

Звичайний гіпсовий бинт є марлевою тканиною, просоченою гіпсом, що повільно зв'язується. В еластичних гіпсових бинтах еластична тканина просочується гіпсом. Ці бинти м'якші і здатні краще повторювати особливості анатомічного контура пацієнта без складок, особливо на косих кутах, що

дозволяє отримати точніший негатив. Еластичний гіпсовий бинт зазвичай використовується як перший шар під час виготовлення негативу, а для подальших шарів використовують не еластичний гіпсовий бинт. Час схоплювання для еластичних гіпсових бинтів визначається виробниками, і він зазвичай дещо більший, ніж для нееластичного гіпсового бинта.



Рисунок 1.9 – Гіпсові бинти фірми Otto Wock

Мінімальна кількість води, необхідна для отримання гіпсового розчину, 1,86 кг води на кожні 10 кг гіпсу. Проте, використовується більша кількість води для отримання рідшої суміші, здатної литися і повністю заповнити форму, при цьому вона не має бути занадто в'язкою. В цьому випадку потрібні 7 – 8 кг води на кожні 10 кг гіпсу. Надмірна кількість води призводить до зниження міцності і твердості гіпсу та стійкості до стирання. У процесі додавання води в гіпс потрібне постійне перемішування до отримання густого, в'язкого розчину. Перемішування зменшує присутність пухирів повітря в гіпсі, що призводить до підвищення міцності гіпсу на 20%. Збільшення температури води до 65°C прискорює схоплювання, але скорочує час його використання.

Звичайний спосіб приготування гіпсового розчину для виготовлення гіпсової моделі:

1. Налити воду в чисту ємність.
 2. Додавати гіпс, до повного поглинання їм води.
 3. Трохи витримати суміш для розм'якшення.
 4. Ретельно перемішати суміш з метою видалення пухирів повітря і руйнування грудочок гіпсу.
 5. Готову суміш залити в негатив і, у разі потреби, вставити оправляння.
- Властивості гіпсових розчинів наведено у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Властивості гіпсових розчинів

Гіпс, кг	Вода, кг	Товщина сухої плівки, кг/м ³	Повітряпроникність, %	Стійкість до тиску в сухому стані, Н/мм ²	Властивості моделі
10	11.0	0.90 · 10 ³	61.20	5.86	Суміш, що не твердіє
10	8.5	1.01 · 10 ³	56.50	9.65	Занадто м'який
10	6.5	1.07 · 10 ³	53.80	12.07	Недостатньо твердий
10 г	5.0	1.17 · 10 ³	49.70	15.69	Твердий
10	3.5	1.26 · 10 ³	20.69	20.69	Дуже твердий та непроникний

Серед текстильних матеріалів, застосовуваних для виготовлення протезів, необхідно зазначити, насамперед, широко розповсюджені на цей час бавовняні рукави і рукави із синтетичних волокон, які використовують для армування приймальних гільз протезів із пластичних матеріалів. Іншим використовуваним у протезобудуванні текстильним матеріалом є повсть. Повсть є листовим матеріалом різної товщини, виготовлений з вовняних волокон. Внаслідок високої пружності і дрібної звивистості вовняного волокна обсяг технічної повсті на 75% заповнений повітрям, тому його густина невелика 0,2 – 0,43 г/см³. Повсть має високу пружність, однорідну структуру (відсутність наскрізних пор) і достатню гнучкість. Властивості повсті роблять її в ряді випадків необхідним матеріалом для деталей, основне призначення яких амортизація поштовхів під час ходьби пацієнта, що користується протезом або ортезом нижньої кінцівки.

Переробка (основні технології) полімерних матеріалів, які використовуються під час виготовлення приймальних гільз протезів верхніх та нижніх кінцівок

Формування листових термопластичних полімерних матеріалів

Загалом, суть способу формування листових термопластичних матеріалів полягає у тому, що: заготовка з листового термопласту тим або іншим способом нагрівається до температури, що відповідає високоеластичному стану для аморфних полімерів, або пластичному стану (температури початку плавлення кристалів) для термопластів з різним ступенем кристалізації.



Рисунок 1.10 – Нагрів пластика
в термошафах з інфрачервоними обігрівачами

Нагріта заготовка розміщується над формуючим елементом, після чого здійснюється формування під впливом різниці тисків над вільною поверхнею заготовки та у просторі між заготовкою і оформлюючою поверхнею формуючого елемента. Перепад тиску може бути створений різними способами: вакуумуванням простору між оформлюючою поверхнею і заготовкою (вакуумформування); створенням надлишкового пневматичного (пнеумоформування), парового (пароповітряне формування) або гідравлічного (гідроформування) тиску на поверхню заготовки; тиск на заготовку спеціальних механічних пуансонів (механічне формування) і, нарешті, тиск на поверхню заготовки руками (ручне формування).

В ході оформлення виробу відбувається витягування термопласту і виникнення в ньому напруг, які після зняття зовнішнього тиску намагаються повернути заготовку до початкової форми. Щоб зафіксувати конфігурацію відформованої заготовки, необхідно закріплювати будь-яким способом її крайки.

Охолодження відформованої заготовки здійснюється природним шляхом, як правило, на формуючому елементі, для повного закріплення конфігурації виробу. Під час термоформування поліолефінів заготовки мають знаходитися майже в аморфному стані. Так поліетилен високої щільності вимагає більш високої температури розігріву, ніж поліетилен низької щільності, оскільки велика частина теплоти витрачається на плавлення кристалітів.

Нижче наведено температури формування деяких матеріалів (°C).

Поліетилен високої щільності	135–165
Поліетилен низької щільності	110–135
Полівінілхлорид	110–160
Полікарбонат	190–230
Поліметилметакрилат	120–200
Поліпропілен	150–200
Удароміцний полістирол	110–150
Європлекс	130–135

Тривалість розігріву заготовок з ПЕВЩ також більше, ніж з ПЕНЩ. Крім того, час, необхідний для повного розігріву, залежить також і від розмірів заготовки. Нижче наведено рекомендації з тривалості розігріву заготовок з листового ПЕВЩ.

Розмір заготовки, см ²	Час розігріву, хв.
до 400	4–5
до 1000	10–15
до 1500	15–18
понад 1500	20–25

Під час виготовлення зм'якшувальних вкладишів у приймальну гільзу протеза (рис. 1.11) метод термоформування здійснюється з листових газонаповнених термопластів способом глибокого витягування пластин.

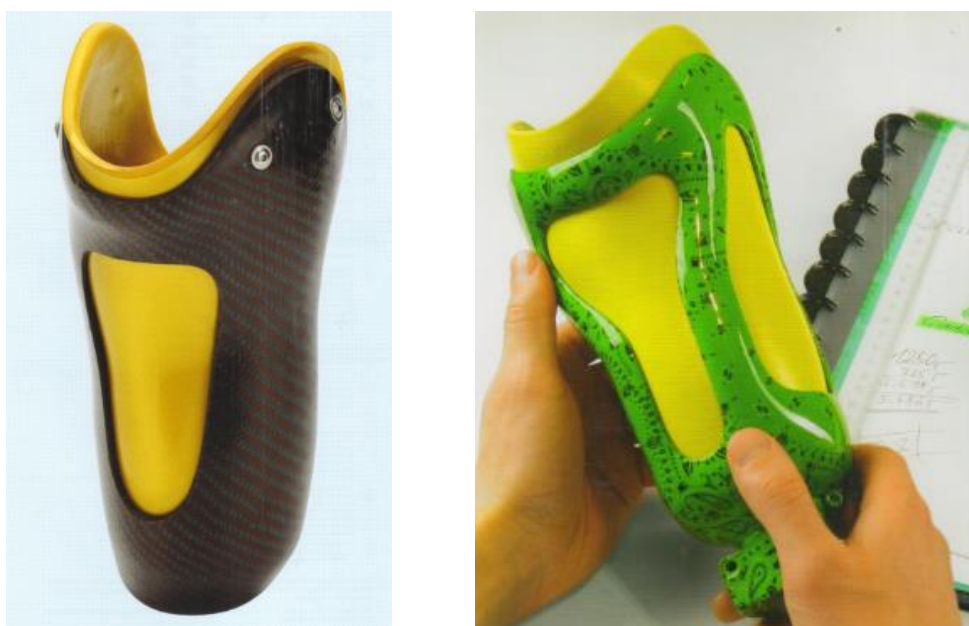


Рисунок 1.11 – Зм'якшувальні вкладишів у приймальну гільзу протеза

Вакуумне термоформування за гіпсовою моделлю листових термопластів

Вакуумне термоформування за гіпсовою моделлю застосовується під час виготовлення протезно-ортопедичних виробів складної конфігурації з метою найбільш повної відповідності виробу формі моделі.

Виготовлення гіпсового негативу та гіпсової моделі з кукс кінцівок

Виготовлення гіпсового негативу

Гіпсовий негатив моделюють за допомогою замочених у воді гіпсових бинтів по всій довжині кукси і на кісткових виростках суглобів, стискаючи м'які тканини над виростками на медіальній і латеральній поверхнях. Перед цим куксі кінцівки надають нейтральне положення (середнє між пронацією та супінацією). Замочені гіпсові бинти, не даючи їм сильно розмокнути, відтискають та накладають, в кругову, без зайвого натягу у 5–6 шарів на куксу. Бинти потрібно накладати таким чином, щоб кожний наступний бинт накладався на половину попереднього, гіпс при цьому потрібно ретельно розгладжувати і втирати. Не можна допускати складок та перетяжок бинта.

Витримують негатив на куксі до затвердіння гіпсу та обрізають негатив по проксимальному краю гіпсовими ножицями. За необхідності, під час знімання негативу з кукси підрізають краї негативу. Сушка негативу здійснюється при температурі 20–25°C протягом 24 годин.

Виготовлення гіпсової моделі (позитиву) кукси

Суть способу полягає у заповненні негативу попередньо підготовленим 60% водним гіпсовим розчином. Після чого вставляють технологічну трубку та витримують до затвердіння гіпсу.

Перед заливкою внутрішню порожнину негативу обробляють гіпсоізолюючим кремом 640Z5 або мильним розчином у воді з метою полегшення звільнення моделі в процесі видалення негативу з його поверхні.

Сушку гіпсової моделі здійснюють протягом 24 години при кімнатній температурі або 8–10 годин при температурі 60±5°C.

Заздалегідь вирізану з листа термопластичного матеріалу заготовку необхідних розмірів поміщають у термошафу (наприклад, 701E7) або термостіл (наприклад, 701E10), в якому встановлено необхідну температуру, і витримують протягом часу, необхідного для досягнення пластичного стану. Формування розігрітої заготовки здійснюється за допомогою вакууму, що подається по вакуумній трубці, на яку встановлено гіпсову модель. Термопластичний матеріал заготовки виступає як герметизуюча мембрана після

того, як зрізи розігрітої заготовки зварюють з усіх боків, захоплюючи вакуумну трубку (рис. 1.12). Атмосферний тиск притискає матеріал до гіпсової моделі. Вакуум розтягує матеріал заготовки, повторюючи конфігурацію моделі.



Рисунок 1.12 – Закріплення заготовки на гіпсовій моделі під час вакуумного термоформування

Після завершення формування та охолодження заготовки виробу на гіпсовій моделі виконують операції вирізання й остаточної обробки виробу, як у попередньому способі.

Формування за гіпсовою моделлю листових газонаповнених матеріалів

Особливістю термоформування листових газонаповнених матеріалів, на відміну від термопластів, є необхідність проведення формування при більш низьких температурах. Газонаповнені матеріали, щоб уникнути руйнування чарункової структури, розігріваються у більш м'яких умовах, тільки до досягнення високоеластичного стану зовнішніх поверхонь листової заготовки.

Для пінополіетилену ця температура – 100°C , для педиліну – 125°C , для ортеласту – 150°C , для еластору – 160°C .

Тривалість розігріву складає 1 хв на 1 мм товщини листового матеріалу.

Взагалі спочатку відбувається розкрій листового матеріалу з отриманням заготовки необхідної конфігурації. Потім на країки заготовки, які відповідно

до конструкторської документації мають бути з'єднані, наноситься тонкий шар клею (як правило, 636N9 або №88).

У випадку виготовлення зм'якшуючого вкладиша у приймальну гільзу протеза з *педиліна* крайки заготовки склеюються ще до її розігріву. Потім заготовку поміщують в термошафу, розігріту до 125°C і витримують 5 хв для матеріалу товщиною листа 5 мм і 2 хв для матеріалу товщиною 2 мм.

Розігріту заготовку переміщують на гіпсову модель і натягують на неї, відформовуючи руками всі рельєфи. Після повного охолодження заготовки її знімають з моделі й обробляють крайки за допомогою шарошки.

Під час виготовлення зм'якшуючого вкладиша з *еластора* необхідно враховувати збігання матеріалу. На стадії викроювання заготовки всі розміри слід збільшити на 10%. На крайки, які з'єднуються, наноситься клей, але склеювання країв не відбувається.

Заготовку поміщають у термошафу, розігріту до 160°C, і витримують протягом часу з розрахунку 1 хв на 1 мм товщини матеріалу. Розігріту заготовку переміщують на гіпсову модель і обертають її заготовкою, з'єднуючи проклеєні крайки, надавлюючи їх руками для повного контакту по всій поверхні, яка склеюється. Модель із заготовкою обмотують з натягом гумовою стрічкою і фіксують її, створюючи тиск на поверхні заготовки. В ході формування еластора не допускається, на відміну від педиліна, розтягування заготовки, оскільки після зняття розтяжних зусиль (зняття з моделі) високоеластична каучукова складова еластора намагатиметься до повернення у початковий стан, і внутрішні розміри виробу будуть менші, ніж необхідно.

Після повного охолодження матеріалу заготовки (приблизно через 30 хв) гумову стрічку розмотують, заготовку виробу знімають з гіпсової моделі і проводять остаточну обробку виробу.

Отримання протезно-ортопедичних виробів за технологією силіконів

Цей спосіб застосовується частіше для виготовлення приймальних гільз протезів верхніх кінцівок.

Спосіб містить такі операції.

1. Призначення виду приймальної гільзи.

Проводиться огляд усіченої кінцівки пацієнта та стан м'яких її тканин. Визначається форма кукси (конічна, циліндрична, булавоподібна), рівень її усічення, об'єм рухомості в суміжному суглобі, наявність кісткових вистоянь в дистальній її частині.

Опитується пацієнт про відчуття при пальпації м'яких тканин, навантаженні на дистальний край та виростки кісток, після чого приймається рішення щодо конструкції приймальної гільзи.

2. Знімання мірок.

3. Виготовлення гіпсового негативу та гіпсової моделі.

4. Виготовлення примірочної гільзи з термопластичного матеріалу методом вакуумного термоформування, що був описаний раніше, її примірювання та підгонка відповідно до особливостей кукси кінцівки пацаієнта.

5. Відновлення гіпсової моделі згідно з відкорегованою примірочною гільзою. Для виконання цієї операції заповняють порожнину відкорегованої примірочної гільзи гіпсовим розчином та витримують до затвердіння гіпсу.

6. Виготовлення приймальної гільзи з високотемпературного силікону, як вітчизняної однокомпонентної силіконової суміші марки Термосил, так і двокомпонентних силіконових матеріалів німецької фірми Otto Wock, наприклад, марки Хлоросил методом вакуумного термоформування за гіпсовою моделлю.

Особливістю методу для силіконових матеріалів є необхідність попереднього вакуумування розкатаного на валках та відформованого за гіпсовою моделлю силіконового матеріалу та подальшої її термополімеризації. Під час використання двохкомпонентних матеріалів, наприклад, марки Хлоросил необхідне попереднє змішування компонентів на валках.

Умови формування приймальної гільзи з однокомпонентної суміші Термосил:

- вакуумування при кімнатній температурі протягом однієї години;
- вулканізація при температурі 100°C протягом однієї години;
- термостатування при 140°C протягом трьох годин.

Умови формування приймальної гільзи з двокомпонентного силікону Хлоросил:

- вакуумування при кімнатній температурі 3–4 години;
- ініціація та попередня полімеризація при температурі 75°C протягом 8 годин;
- остаточна полімеризація при температурі 95°C протягом однієї години.

Формування протезно-ортопедичних виробів методом глибокого витягування

Цей метод використовується під час виготовлення приймальних гільз протезів з термопластичних матеріалів. Формування здійснюється за гіпсовою

моделлю. Для виготовлення приймальних гільз застосовуються листові матеріали більшої товщини, ніж для ортезів 8–10 мм. Метод складається з таких операцій. Заготовку, вирізану з листа, закріплюють у затискній рамі пристрою глибокої витяжки 702E2 (рис. 1.13) і поміщають її в розігріту до необхідної температури термошафу 701E10. Нагрівання здійснюється циркуляційним повітрям до досягнення матеріалом прозорості. Затискну раму з розігрітою заготовкою переміщують із шафи до гіпсової моделі, розміщують над нею і починають переміщувати вниз до стикання з ущільнюючою шайбою пристрою глибокої витяжки так, щоб матеріал налягав на ущільнюючу шайбу (рис. 1.14).



Рисунок 1.13 – Закріплення листової заготовки в затискній рамі пристрою глибокої витяжки



а)



б)

Рисунок 1.14 – Формування методом глибокої витяжки:

а – переміщення затискної рами за моделлю;

б – розміщення країв листової заготовки на ущільнюючій шайбі

Підключається вакуумний насос і за допомогою вакууму відформовується виріб, цілком повторюючи рельєф гіпсової моделі. Після повного охолодження матеріалу заготовки вакуум відключається, заготовку знімають з моделі і піддають остаточній обробці шарошкою.

Формування методом пошарового армування термопластів

Для підвищення і стабілізації міцності поліетиленових приймальних гільз під час їхнього виготовлення застосовується спосіб намотування із застосуванням армуючих трикотажних рукавів. Використовуються бавовняні трикотажні рукави, термооброблені в термошафі при температурі 90–100°C протягом 2 год і плівка з поліетилену низької густини шириною 0,2–0,3 м і товщиною 100–200 мкм.

Спосіб складається з таких операцій. Гіпсова модель за допомогою вісьової металевої трубки закріплюється в затискачах обертального пристрою. Армування відбувається пошаровим чергуванням трикотажних рукавів і поліетиленової стрічки, намотуваної з напуском витків на 1/2 ширини стрічки. Кількість армуючих рукавів залежить від маси особи з інвалідністю і коливається від 4 до 6.

Після завершення намотування проводиться термоформування заготовок гільз у термошафі при температурі 180–200°C протягом 1,5–2 год. У процесі термоформування відбувається оплавлення поліетиленової стрічки і просочення розплавом поліетилену трикотажних рукавів.

Після термоформування заготовка гільзи витягується з термошафи і охолоджується у воді. Потім витягується модель із заготовки і за допомогою шарошок відбувається остаточна обробка гільзи.

Способи отримання протезно-ортопедичних виробів з литтєвих смол

З литтєвих смол, армованих різними волокнистими наповнювачами, виготовляють, насамперед, приймальні гільзи протезів. У деяких випадках можливе виготовлення ортезів.

Метод пошарового просочення

Цим методом виготовляють протезно-ортопедичні вироби з армованого марлею поліамідного лаку формуванням за гіпсовою моделлю.

Існує два способи пошарового просочення.

За першим способом пошарове промазування армуючого матеріалу здійснюється з проміжним сушінням кожного шару і складається з таких

операцій. На ретельно висушену і промазану вазеліном гіпсову модель пензлем наноситься шар поліамідного лаку марки 3, розігрітого до 60°C. Модель з нанесеним на неї лаком обтягується двома шарами марлі побутової ГОСТ 11109-90 і знову промащується поліамідним лаком. Витримується при кімнатній температурі протягом двох годин, а потім висушується в термошафі при температурі 40–60°C протягом 14–16 годин.

Ця операція, залежно від виду виробу, повторюється кілька разів. Для гільз плеча і передпліччя – 4 рази, для гільз гомілки і стегна – 10 разів, для гільз корсета і безшарнірного ортеза (тутора) – 5 разів.

Після висушування останнього шару заготовка гільзи звільняється від гіпсової моделі і піддається остаточній обробці (шліфуванню і поліруванню).

За другим способом пошарова промазка здійснюється без проміжного сушіння і складається з таких операцій. На ретельно висушену і промазану вазеліном гіпсову модель пензлем наноситься шар поліамідного лаку марки 3, розігрітого до 60°C, і обтягується двома шарами марлі побутової ГОСТ 11109-90. Ця операція повторюється декілька разів залежно від виду виробу.

Останній шар марлі промащується шаром лаку поліамідного, заготовка витримується при кімнатній температурі 24 години. Потім заготовка на моделі висушується в термошафі при температурі 60°C протягом 48 годин. Після завершення процесу сушіння заготовка звільняється від моделі і піддається остаточній обробці.

Контактно-вакуумне формування

Цим способом виготовляють протезно-ортопедичні вироби з армованих пластиків. Застосовується «мокрый» спосіб контактно-вакуумного пресування.

Суть способу полягає у просоченні необхідної кількості шарів армуючого матеріалу литтєвою смолою внаслідок різниці між зовнішнім атмосферним тиском і внутрішнім розрідженням, створюваним у просторі між гнучким зовнішнім мішком і твердою формуючою поверхнею.

Формуючою поверхнею під час виготовлення ПОВ цим способом, є гіпсова модель. Як армуючий матеріал використовуються різні трикотажні рукави, як литтєві смоли – поліефірні й акрилові смоли.

Спосіб містить такі операції.

1. Підготовка гіпсової моделі й армуючої системи

З урахуванням розмірів і форми гіпсової моделі викроюється і виготовляється шляхом зварювання внутрішній розділовий чохол із ПВС плівки, що надівається на модель і закріплюється нижнім краєм на вакуумній

трубці (рис. 1.15). Цей розділовий чохол є внутрішньою герметизуючою мембраною.



Рисунок 1.15 – Підготовка гіпсової моделі й армуючої системи

На гіпсову модель з розділовим чохлом натягуються трикотажні рукави. Кількість шарів і вид армуючого матеріалу визначаються типом виробу, масою та активністю особи з інвалідністю. Натягнуті чохли закріплюються на металевій трубці моделі (рис. 1.16).

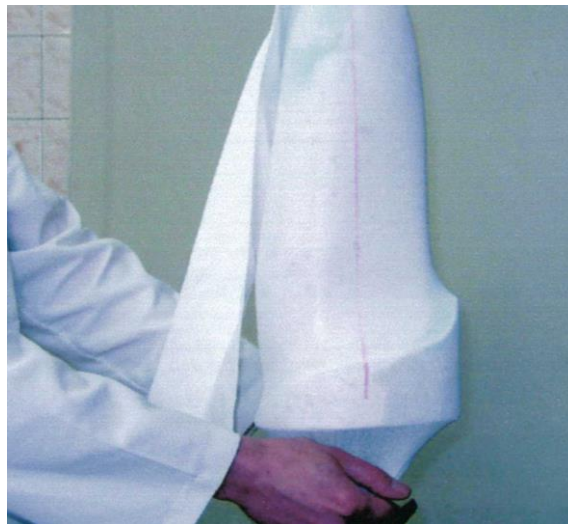


Рисунок 1.16 – Підготовка гіпсової моделі й армуючої системи

На позитив з армуючою системою надівається зовнішній чохол із ПВС плівки, виконаний у вигляді трубки, виготовлений як і внутрішній, але з урахуванням розмірів моделі з армуванням. Цей чохол виконує функцію зовнішньої герметизуючої мембрани. Нижній край чохла закріплюється на вакуумній трубці нижче кріплення внутрішнього чохла (рис. 1.17).

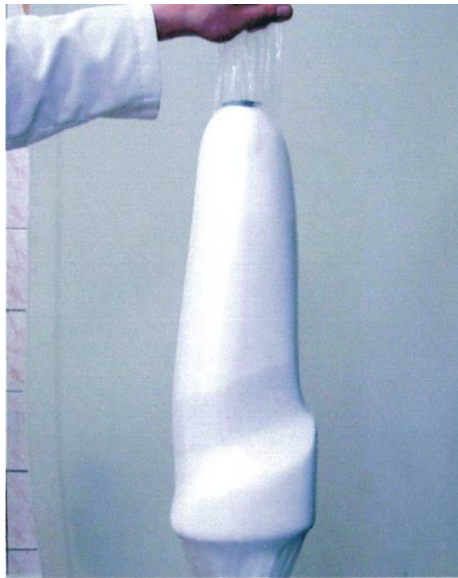


Рисунок 1.17 – Підготовка гіпсової моделі й армуючої системи

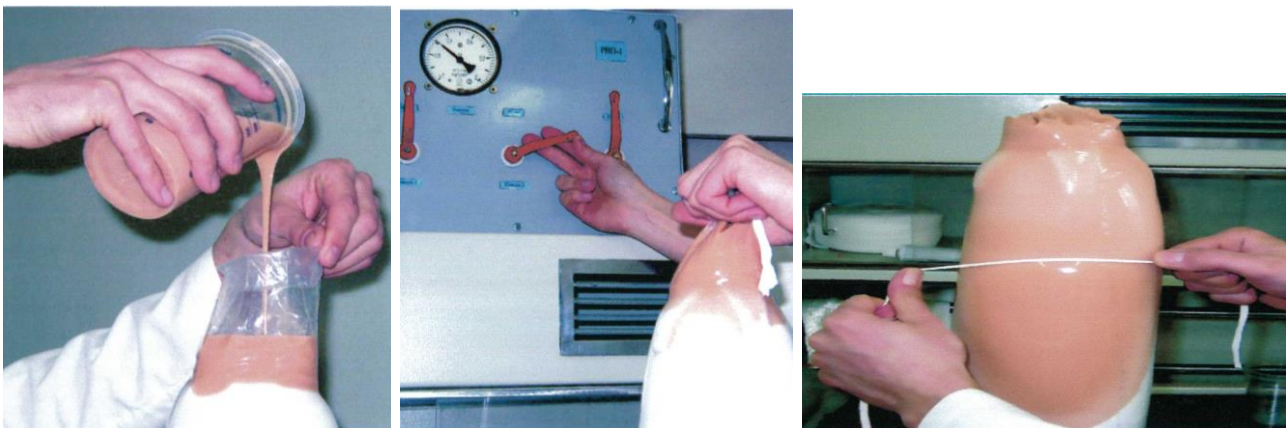
2. Приготування композиції зв'язуючого

Відміряється необхідна кількість литтєвої смоли з розрахунку співвідношення армування: смола (1:3) для акрилових смол і (1:4) для поліефірних смол.

Відміряється необхідна кількість затверджувача з розрахунку 2–3% від об'єму акрилової смоли і 4% від маси поліефірної смоли.

Затверджувач вводиться у смолу, і композиція ретельно перемішується.

Приготовлену композицію заливають через верхній край зовнішнього герметизуючого чохла на модель з армуванням (рис. 1.18, а). Верхній край чохла герметично зав'язують, залишаючи зверху невелику кількість композиції як затвор, і знову перев'язують вище затвора (рис. 1.18, б). Включається вакуумний насос і зв'язуюче вручну рівномірно розподіляється по всій поверхні моделі зверху вниз і під впливом вакууму просочує армування (рис. 1.18, в).



а)

б)

в)

Рисунок 1.18 – Виготовлення заготовки ПОВ

Після розподілу всього зв'язуючого заготовка на моделі залишається під дією вакууму протягом 1–2 годин для ущільнення і повного просочення армування сполучним, щільного з'єднання шарів між собою й твердіння композиції зв'язуючого (рис. 1.19).



Рисунок 1.19 – Заготовка гільзи

3. Остаточна обробка

Після завершення твердіння подача вакууму припиняється, заготовка гільзи знімається з вакуумної установки, нижній її край обрізається за допомогою віброножа (рис. 1.20, а) і гіпсова модель витягується з заготовки. Заготовка очищається від залишків гіпсу, потім проводиться остаточна обробка виробу (скелетування, шліфування, полірування країв тощо) (рис. 1.20, б).



а)



б)

Рисунок 1.20 – Остаточна обробка

Способи обробки пластмас

Механічна обробка пластмас

У ряді випадків відформовані вироби мають потребу в додатковій обробці для надання їм остаточної форми, передбаченої конструкторською документацією. Доопрацювання виробу здійснюється механічним шляхом.

Пластмаси здатні піддаватися практично всім видам механічної обробки: фрезерування, різання, нарізування різьблень, свердління, шліфування і полірування. Однак, у процесі застосування механічної обробки необхідно враховувати особливості полімерних матеріалів і кожного типу пластмас. У таблиці 1.10 наведені типові способи механічної обробки пластмас.

Таблиця 1.10 – Способи механічної обробки пластмас

Вид виробу	Способи обробки
Листовий матеріал	Розкрій за допомогою різних ножиць, стрічкових і циркулярних пилок, відрізних фрез, абразивних кіл, алмазних дисків, розігрітого дроту (для термопластичних пінопластів). Вирубка.
Труби, прутки, складні профілі, отримані методом екструзії	Відрізання за допомогою циркулярних пилок, абразивних кіл, алмазних дисків.
Великогабаритні вироби, отримані методами намотування, кон-тактного пресування, пневмо- і вакуумформування	Видалення технологічних припусків, зачищення торців за допомогою токарських різців, абразивних кіл. Свердління, розгортання, фрезерування.
Середні і дрібні вироби, що не вимагають підвищеної точності	Видалення грата свердлінням, фрезеруванням, обробкою в обертових барабанах, абразивними колами і стрічками. Шліфування і полірування.
Вироби, що вимагають підвищеної точності або які отримуються переважно механічною обробкою	Точіння, свердління, розгортання, стругання, фрезерування, протягання, зубо- і різьбонарізання, шліфування і полірування.

Необхідно зазначити, що механічна обробка пластмас має застосовуватися як вимушена операція тільки в тих випадках, коли без неї неможливо обійтися, оскільки вона часто викликає появу залишкових напруг у зоні обробки, призводить до порушення поверхневого шару полімерного матеріалу. Це, в свою чергу, знижує міцність, прискорює старіння матеріалів і призводить до зміни форми виробу згодом.

Під час обробки пластмас *різанням* необхідно враховувати їхню низьку теплопровідність і малу питому теплоємність. Оскільки під час різання кількість тепла, що виділяється, велика, відбувається значний розігрів ріжучого інструменту і підплавлення термопластів або обуглювання термореактивних пластмас. Щоб уникнути цього, необхідні додаткові прийоми зниження температури: використання мастильно-охолоджувальної рідини під час обробки пластмас, які не набухають у воді; застосування обдуву зони різання стисненим повітрям; виготовлення різальних інструментів з матеріалів з дуже високою теплопровідністю; вибір оптимальної швидкості різання.

Під час обробки наповнених пластмас відбувається швидкий знос ріжучого інструменту через абразивну дію наповнювача. У табл. 1.11 наведені орієнтовні режими різання під час точіння виробів з різних видів полімерів.

Таблиця 1.11 – Режими різання під час точіння виробів з пластмас

Оброблюваний матеріал	Матеріал різця	Режими різання		
		швидкість різання, V, м/хв	подача, S, мм/об	глибина різання, t, мм
<i>Термопласти</i>				
поліетилен	швидкорізальна сталь	90–135	0,04–0,1	–
вініпласт	швидкорізальна сталь	300–1000	0,1–0,2	До 10
фторопласт-4	швидкорізальна сталь	25–300	0,03–0,1	0,25–1
поліметилметакрилат	швидкорізальна сталь	300–1000	0,08–0,12	0,5–1
поліаміди	швидкорізальна сталь	100–300	0,1–0,3	0,5–1
<i>Реактопласти</i>				
фенопласт ненаповнений	P18	200–400	0,1–0,6	1–4
волокніт	BK6	400–800	0,05–0,2	0,5–1
скловолокніт АГ-4В	BK6М	130–200	0,1–0,5	0,5–4
текстоліт	BK6	200–400	0,1–0,5	1–3

Для розкрою реактопластів застосовують абразивні кола, які мають значно більшу стійкість, ніж відрізні фрези і циркулярні пилки. У разі використання карборундових кіл середньої твердості швидкість обробки складає 1500–2400 м/хв.

Свердління (утворення отворів у суцільному матеріалі) пластмас супроводжується значним розігрівом ріжучого інструменту, внаслідок чого відбувається плавлення або термодеструкція матеріалу, що погіршує якість оброблюваної поверхні. Для зменшення дефектів країв отворів застосовуються свердла з подвійним заточенням. Необхідно також безперешкодне видалення стружки з оброблених отворів. Це досягається застосуванням свердл з полірованими канавками, що мають великий кут нахилу. Однак збільшення цього кута викликає одночасне збільшення переднього кута інструмента, що може призвести до зниження якості обробки матеріалу. Крім спіральних свердлів, для обробки пластмас застосовують також перові свердла. Одним із прийомів, які дозволяють нормалізувати процес свердління, є періодичне виведення свердла з отвору.

Отвори в таких матеріалах, як поліетилен, доцільно робити пробивкою на пресі. У таблиці 1.12 наведено орієнтовані режими різання під час свердління отворів в різних видах пластмас.

Таблиця 1.12 – Режими різання під час свердлення отворів у пластмасах

Оброблюваний матеріал	Матеріал частини свердла, що ріже	Кут при вершині $2\phi, ^\circ$	Режими різання	
			швидкість обертального руху свердла, $V, \text{м/хв}$	Швидкість поступального руху свердла, $S, \text{мм/об}$
<i>Термопласти</i>				
поліетилен	P18	70–90	50–100	0,2–0,3
поліпропілен	P18	70–90	12–50	0,2–0,4
полівінілхлорид	P18, P9	90–100	12–50	0,4
полістирол	P18	60–90	15–50	0,4
поліметилметакрилат	P18	110	40–60	0,05–0,20
поліаміди	P18, P9	70–90	15–45	0,1–0,15
<i>Реактопласти</i>				
прес-порошки	BK8	80	20–60	0,05–0,25
волокнити	P18	70	35–70,6	0,1–0,6
скловолокнит АГ-4В	P18	70	15,30	0,08–0,25
текстоліти	P18	80	30–60	0,2–0,4
амінопласти	BK8, P18	70	10–50	0,05–0,10

Різання пластмас застосовується під час розрізування листового або плівкового матеріалу, зокрема під час розкрою заготовок у процесі виготовлення ортезів, відрізання крайок у відформованому виробі тощо.

Основними методами різання пластмас є: розпилювання, різання абразивними колами, різання ножицями, різання нагрітим інструментом.

Різання тонких полімерних листів (товщиною не більше 3 мм) здійснюють ножицями (механічними або ручними). В деяких випадках для виключення утворення тріщин у зоні різання допускається попереднє нагрівання листової заготовки, однак листи з термопластів піддавати нагріванню перед різанням недоцільно. Листи з твердих і крихких матеріалів (полістирол, поліметилметакрилат) не рекомендується різати ножицями через утворення тріщин та викришування матеріалу з поверхні, що розрізається.

Розпилювання термопластів і реактопластів товщиною понад 3 мм роблять стрічковими і дисковими пилками із швидкорізальної сталі. Пилки мають бути з дрібним кроком і добре заточені. Щоб зменшити розігрів матеріалу, торці пилок мають бути добре відшліфовані. Стрічкові пилки краще проводять тепло, тому вони більш придатні для розпилювання пластмас великої товщини. Вузькі полотнища застосовують для фігурного різання, широкі – для прямого.

У протезуванні/ортезуванні розпилювання здійснюють спеціальним інструментом фірми Otto Wock – дисковою електропилкою 756B7, електроножицями 756B6 і електролобзиком 756B2.

В умовах дрібносерійного виробництва, за відсутності ножиць різання термопластів, пінопластів і органічного скла доцільно здійснювати нагрітим інструментом – розпеченим електричним струмом (напругою не більше 36 V) до 250–300°C (для полістиролу – до 670–700°C) ніхромовим дротом або надрізанням ножем з подальшим розламом за надрізом.

Шліфування і полірування виробів і заготовок із пластмас проводять з метою усунення шорсткостей поверхні.

Шліфування здійснюють абразивними колами. Рекомендується застосовувати високопористі корундові кола. Для попередження перегріву оброблюваних полімерів обмежують зусилля притиску інструмента до полімерного матеріалу і тривалість їхнього контакту.

Полірування проводять м'якими колами, на частину яких наносять полірувальну пасту, що містить окис хрому.

У протезуванні/ортезуванні операції шліфування і полірування здійснюються на фрезерно-шліфувальних верстатах 701F14 (Otto Wock). Робочим інструментом для них є циліндри з наждаковою полотниною різної зернистості, сталеві фрези різної конфігурації і різною висотою крайок, що ріжуть, та циліндри з повстяними або поролоновими полотнищами. Залежно від вимог до оброблюваного виробу, на фрезерно-шліфувальних верстатах

проводять зачищення дистальних поверхонь армованих куксоприймальних гільз та їхніх крайок, зачищення поверхонь і крайок зм'якшуючих вкладишів з газонаповнених матеріалів, обробку ортезів і корсетів з листових термопластичних матеріалів, обробку зовнішніх поверхонь ортопедичних устілок, виготовлених з полімерних матеріалів, виконують, за необхідності, скелетуючі отвори в різних протезно-ортопедичних виробках.

Зварювання пластмас

Під час складання виробів з окремих елементів конструкції часто використовують спосіб зварювання – створення нерознімного з'єднання за рахунок взаємної дифузії молекул, атомів і груп атомів, деталей, що зварюються, при зростанні кінетичної енергії за рахунок нагрівання.

Зварювання засноване на заповненні міжконтактного зазору (порожнини) між поверхнями, що з'єднуються, матеріалом деталей, що зварюються, шляхом зміни стану останнього, іноді з застосуванням розплаву або розчину присадочного матеріалу, в результаті чого початкова межа розділу зникає, перетворюючись у перехідний шар з однорідною або різнорідною хімічною структурою. Міцність зв'язку між матеріалами, які зварюються, обумовлюється силами міжатомної і міжмолекулярної взаємодії, що виникають у зоні шва.

Зварювання переважніше інших методів утворення з'єднань деталей в тих випадках, якщо: деталі, що з'єднуються, виготовлені з однакових або сумісних матеріалів; неприпустима присутність чужорідних стосовно матеріалів кріпильних елементів, які з'єднуються, або клейових прошарків; потрібно забезпечити високу продуктивність, механізацію й автоматизацію процесу складання виробів. Важлива перевага зварювання – можливість виготовлення монолітних конструкцій або виробів мінімальної маси. Недоліки – нерознімність зварених вузлів, труднощі під час з'єднання деталей з різнорідних матеріалів і з великою товщиною стінки; низька міцність у разі розшаровуючого навантаження.

Під час вибору способу зварювання необхідно враховувати вимогу мінімальної зміни структури і властивостей матеріалів у зоні шва.

На технологію зварювання пластмас впливає насамперед *зварюваність основи цих матеріалів – полімерів*, що, в свою чергу, залежить від фізичної і хімічної структури останніх.

У загальному випадку з погляду суті фізико-хімічних процесів, які протікають під час зварювання, можна виділити такі основні її стадії:

– надання полімеру необхідних реологічних властивостей (активування поверхонь, що зварюються);

- формування контакту поверхонь, що з'єднуються;
- взаємодія між поверхнями, що з'єднуються;
- можливе витиснення дефектних шарів;
- фіксування структури полімеру в зоні поверхонь, що з'єднуються.

Зварювання *термопластів* проводиться в розплаві: матеріал у зоні поверхонь, що з'єднуються, нагрівається до в'язко-текучого стану (теплове зварювання) або піддається впливу розчинників (зварювання розчинником). Обов'язкова умова зварювання полімерних матеріалів – надання тиску, що є рушійною силою процесу формування в'язкого контакту поверхонь, яка переборює дію поверхневих сил.

Залежно від черговості нагрівання і надання тиску теплове зварювання можна вести за двома схемами:

- 1) «тиск – температура» (приведення поверхонь у контакт під тиском і подальше їх нагрівання);
- 2) «температура – тиск» (нагрівання поверхонь, що з'єднуються, і подальше приведення їх у контакт).

Підвищенню якості з'єднань, що виготовляються зварюванням у розплаві, сприяють: створення умов, які локалізують нагрівання в зоні поверхонь, що з'єднуються; термообробка звареного шва при температурі, близькій до температури скловання, або ввідпал; введення в зону шва посилюючих наповнювачів та інші відомі в полімерному матеріалознавстві способи модифікування полімерів.

Зварювання без особливих ускладнень можливі лише відносно деяких пар різнорідних полімерів. Так, за допомогою ультразвуку зварюються ПС із сополімером стиролу, сополімери стиролу з ПВХ і ПММА, ПВХ із ПБТ і ПММА, ПА-6 з ПА-66. Багато які з цих пар можуть бути зварені тертям.

Різнорідні полімери зварюються в розплаві: нагріваються до однакової в'язкості (в зоні контакту поверхонь використовується загальний розчинник), між поверхнями, які з'єднуються, укладаються проміжні шари із суміші полімерів, що з'єднуються, або із сополімерів, які містять у макромолекулі ланки, що входять до складу макромолекул обох полімерів, які з'єднуються, або вводиться прошарок з чужорідного полімеру, сумісного з полімерами, що з'єднуються.

Зварювання неплавких полімерних матеріалів на основі затверділих реактопластів, вулканізаторів, зшитих термопластів, поліциклічних полімерів здійснюється в умовах вимушеної пластичності в результаті проходження хімічних реакцій по місцю реакційноздатних груп полімеру, іноді за участю

присадкового реагенту в зоні контакту поверхонь, що ведуть до виникнення хімічних зв'язків (хімічне зварювання). Хімічному зварюванню немає альтернативи у разі з'єднання полімерів із просторовою структурою макромолекул, оскільки тільки в цьому випадку міцність зв'язку на межі поверхонь, що з'єднуються, може бути не слабкіше міцності зв'язку в об'ємі полімерного матеріалу, що з'єднується. Принцип хімічного зварювання з метою більш повної реалізації властивостей полімерних матеріалів у звареному з'єднанні доцільно застосовувати для з'єднання деяких орієнтованих або кристалічних полімерів, і за наявності присадкових реагентів поліфункціональної природи або типу ініціаторів.

Для виконання зварених з'єднань деталей з полімерних матеріалів розроблено багато різновидів зварювання. За ознакою «спосіб переводу термопласта у в'язко-текучий стан» розрізняються зварювання розчинником і зварювання за допомогою теплової енергії.

Залежно від виду використовуваної під час зварювання енергії і способу її передачі до поверхонь, що з'єднуються, методи зварювання поділяються на класи, а залежно від виду джерела енергії, що безпосередньо використовується для утворення звареного з'єднання, – на види. У таблиці 1.13 наведено класифікацію способів зварювання.

Таблиця 1.13 – Класифікація методів зварювання

Клас зварювання	Вид зварювання
Термічний	Зварювання полум'ям. Зварювання випромінюванням. Зварювання плазмою.
Термомеханічний	Зварювання нагрітим газом. Зварювання нагрітим інструментом. Зварювання закладальним елементом. Зварювання розплавом. Променеве пресове зварювання.
Механічний	Ультразвукове зварювання. Зварювання тертям.
Електро механічний	Високочастотне зварювання. Надвисокочастотне зварювання. Електроконтактне зварювання.

Зварювання нагрітим газом застосовується переважно під час монтажу і ремонту трубопроводів, ємностей та інших великогабаритних виробів. Сутність процесу зводиться до такого. Газовий теплоносій підігрівається під час

проходження через нагрівальні елементи зварювальної апаратури до необхідної температури, а потім подається в зону зварювання. Підігрітий газ нагріває пластик у місці з'єднання до необхідної температури. На рис. 1.21 показано основні типи зварених швів у разі зварювання нагрітим газом. Одночасно з деталями, що зварюються, до температури зварювання нагрівається зварювальний пруток (присадка), за допомогою якого зазвичай здійснюють зварювання газом. Матеріали, що з'єднуються, під час зварювання знаходяться у в'язкотекучому стані.

Важливу роль в отриманні якісного звареного шва відіграє підготовка поверхонь, які зварюються, що, насамперед, полягає в їхньому ретельному очищенні і знежиренні відповідними розчинниками.

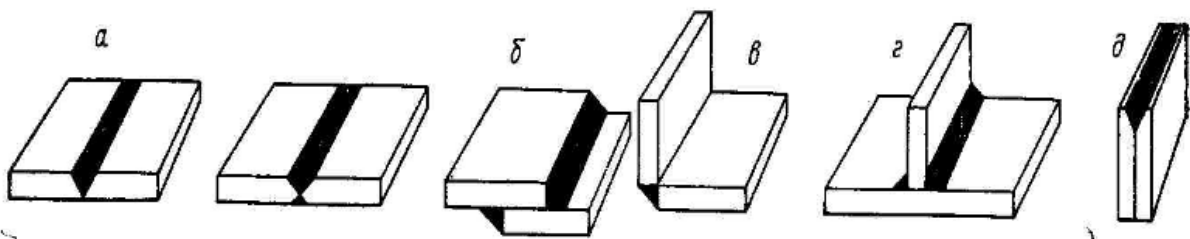


Рисунок 1.21 – Основні типи зварених швів під час зварювання нагрітим газом: а – стиковий; б – нахлестковий; в – кутовий; г – тавровий; д – торцевий.

Під час *контактного зварювання (зварювання нагрітим інструментом)* матеріали, що з'єднуються, нагріваються за рахунок тепла спеціальним інструментом. Залежно від способу підведення тепла до поверхонь, що зварюються, контактне зварювання поділяється на зварювання оплавленням і зварювання проплавленням (рис. 1.22).

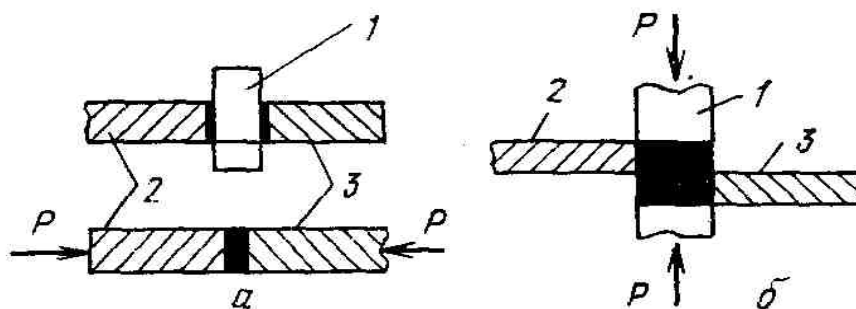


Рисунок 1.22 – Схеми контактеного зварювання оплавленням (а) і проплавленням (б)

Можливі два варіанти контактеного зварювання:

- нагрівальний інструмент контактує з поверхнями, що з'єднуються;
- нагрівальний елемент контактує з зовнішніми поверхнями деталей.

Зварювання за першим варіантом здійснюють за допомогою нагрітого інструмента, що може переміщуватися між поверхнями, які притискаються, або залишатися в зоні з'єднання у вигляді проводу, смуги, сітки тощо.

Найбільш поширене зварювання переміщуваним інструментом здійснюють за другим варіантом. Воно дозволяє зварювати плівкові і тонкі листові матеріали. Особливість зварювання цих матеріалів полягає в тому, що нагрівач одночасно використовується для створення необхідного тиску з однієї або з обох зовнішніх поверхонь матеріалу. До різновидів контактного зварювання з переміщенням інструмента належать роликоче зварювання, шовне зварювання, зварювання гарячою праскою, термоімпульсне зварювання, тощо. Товщина матеріалів, що зварюються, визначає необхідну потужність нагрівачів. Для кожного термопластичного матеріалу існує деяка критична товщина, вище якої не вдається отримати високоякісний зварний шов.

Контактне зварювання характеризується великою потужністю нагрівання і можливістю точно підтримувати на заданому рівні температуру в зоні утворення шва. Тому широко використовується для зварювання поліетилену і поліпропілену, які відрізняються відносно високою температурою плавлення і порівняно вузьким інтервалом в'язкотекучого стану.

Зварювання термопластів з використанням присадкових прутків має ряд недоліків, пов'язаних, насамперед, зі зниженням продуктивності процесу зварювання і погіршенням механічних властивостей зварених з'єднань. У цьому відношенні вигідно відрізняється так зване бездротове зварювання, засноване на здатності термопластичних матеріалів спресовуватися в нагрітому стані при конкретному тиску. Цю технологію можна розглядати як різновид контактного зварювання, однак її застосування обмежене зварюванням деталей із плоскими поверхнями.

Зварювання інфрачервоним і гамма-випромінюванням використовується для з'єднання труб і профілів у стик, плівок і листів у напуск. Зварювання полімерів інфрачервоним випромінюванням засноване на тому, що інфрачервоні промені (з довжиною хвилі понад 2,5 мкм) здатні глибоко проникати в товщину полімерного матеріалу, виділяючи при цьому тепло, необхідне для зварювання. У разі використання цього методу можна отримувати зварені з'єднання без додавання тиску, причому виключається поява ослаблених зон матеріалу. Як джерело випромінювання застосовують селенові і вугільні стрижні, ніхромові спіралі, трубчасті кварцові лампи тощо.

У разі зварювання гамма-випромінюванням потік гамма-часток активізує шар мономера, укладеного між пластинами полімерного матеріалу. Мономер

полімеризується, внаслідок цього відбувається з'єднання цих пластин. Принципово цим методом можна з'єднувати навіть різні полімерні матеріали між собою, в тому числі і термореактивні.

Зварювання методом спікання застосовується для виготовлення плівок труб, втулок, ізоляції проводів, тощо. Технологія зварювання полягає в тому, що сердечник щільно обмотується в кілька шарів стрічкою термопласта, після чого стрічкові шари зварюють між собою при певній температурі. Тиск на поверхні, що з'єднуються, створюється за рахунок зусиль, які виникають під час збігання плівки. Після цього, за необхідності, сердечник видаляють. Метод спікання широко використовується для фторопластових плівок. Спікання проводять у повітряному або рідкому середовищі, наприклад, селітрі. В рідкому середовищі поліпшуються умови теплопередачі, а дія важкого ущільнюючого середовища підвищує швидкість і якість спікання. Тривалість спікання визначають дослідним шляхом.

Зварювання тертям засноване на тому, що з'єднання утворюється за рахунок тепла, що виділяється при терті поверхонь, які з'єднуються, при їхньому обертанні або вібрації.

Високочастотне зварювання має два різновиди: індукційне і власне високочастотне. Індукційний метод використовує змінне поле, яке індукуює в металевій вставці, яка стикається з полімерними деталями, що зварюються, електричні струми, які нагрівають цю вставку. Цю технологію можна розглядати як один з різновидів контактного зварювання.

Зварювання з індукційним нагріванням застосовують для з'єднання термопластів великої товщини, армування пластмас металом тощо.

Метод зварювання полімерів із застосуванням ТВЧ – власне високочастотне зварювання. Дипольна молекула в електричному полі орієнтується відповідно до знаку зарядів електродів. У змінному полі цей процес багаторазово повторюється залежно від частоти. При високочастотному зварюванні в чистому вигляді коефіцієнт теплопровідності пластичних мас не відіграє істотної ролі, оскільки тепло генерується в самому матеріалі за рахунок внутрішнього тертя коливних диполів, а не під дією зовнішнього нагрівання.

Зварювання пластмас ультразвуком засноване на перетворенні механічних високочастотних коливань у теплову енергію. Тепло розм'якшує поверхні, що зварюються, і з додаванням тиску вони з'єднуються. Механічний вплив забезпечує більш тісний контакт поверхонь, що з'єднуються. Ультразвуком можна зварювати більшість листових і плівкових матеріалів.

У протезуванні/ортезуванні зварювання пластмас застосовується в процесі виготовлення приймальних гільз протезів методом вакуумпросочення під час виготовлення розділових шарів з полівінілспиртової плівки. В даному випадку зварювання відбувається контактним способом за допомогою ручної електричної машинки для зварювання плівок 756E1 (Otto Bock) або побутової праски.

Одним з різновидів зварювання розплавом є з'єднання поверхонь, що були попередньо розігріті до температури розм'якшення з додаванням тиску. Цей спосіб застосовується під час виготовлення ортезів на кінцівки та хребет або приймальних гільз протезів методом термоформування листових термопластичних матеріалів за гіпсовою моделлю під час з'єднання крайків заготовки.

Склеювання пластмас

Для отримання нерознімного з'єднання можливе застосування, крім зварювання, з'єднання склеюванням. Це один з найширше застосовуваних способів. Перевагою склеювання є можливість з'єднання пластмас як термопластів, так і реактопластів, як однорідних, так і різнорідних, один з одним, а також пластмас з іншими матеріалами (металами, деревиною, текстилем тощо).

1.2 Обладнання та інструменти

Для якісного надання послуги з протезування/ортезування протезно-ортопедичне підприємство має включати:

- робочу майстерню;
- зону для клінічного обстеження пацієнта;
- палати для пацієнтів;
- кімнати відпочинку для протезистів.

Важливою умовою ефективного функціонування робочої майстерні є професійність та кваліфікованість технічного персоналу.

Як професіоналам, протезистам/ортезистам необхідно поводитися професійно і з дотриманням усіх правил техніки безпеки в усіх цих середовищах та загальних принципах організації робочих місць і їх безпеки, які можуть забезпечити ефективне функціонування майстерні. У перелік основних організаційних принципів входять такі:

1. Гарна організація майстерні:

- правильне розташування верстатів в приміщенні;

- розташування легкозаймистих рідин подалі від джерел тепла;
- найлегший доступ до верстатів, які використовуються найчастіше.

2. Санітарний стан приміщень та простота доступу до них:

- доступ до приміщень без обмежень;
- відсутність сміття або верстатів, які ускладнюють вхід і вихід;
- регулярне прибирання майстерні.

3. Наявність гарної вентиляції:

- функціональний екстрактор (фільтр) газу і пилу.

4. Наявність гарного освітлення:

- яскраве освітлення робочого місця протезиста, за необхідності, додаткове освітлення.

5. Підвищені заходи безпеки:

- наявність вогнегасників і безперешкодний доступ до них;
- чітке позначення аварійного виходу;
- на стінах та дверях позначення безпечного виходу;
- кнопка аварійної зупинки обладнання має бути чітко позначена та мати безперешкодний доступ;
- засоби для надання першої допомоги повинні мати чітке позначення і мати безперешкодний доступ;
- найбільш складне та небезпечне обладнання має бути розташоване в добре видимій зоні.

Організація майстерні

До обладнання майстерні належать свердлувальний, фрезерний та фрезерно-шліфувальний верстати. Далі наведено перелік обладнання та інструментів для оснащення спеціалізованих ділянок майстерні.

У протезно-ортопедичній майстерні використовуються різні ручні інструменти (рис. 1.23). Основні інструменти, які використовуються: молотки, долота, напилки, точильні камені, образівна шкурка, викрутки, керни, плоскогубці, хомути, ножі. Більш детальні переліки обладнання та інструментів для спеціалізованих ділянок майстерні буде надано нижче.

Приміщення для клінічного обстеження пацієнтів повинно мати таке обладнання:

- кушетка для обстеження (1 шт.);
- стілець для обстеження (1 шт.);
- стіл (1 шт.);
- стілець (1 шт.).



Рисунок 1.23 – Приклади ручного інструмента

Таблиця 1.14 – Обладнання та інструменти ділянки гіпсового моделювання

1	Верстак 31	2 шт.
2	Стільниця OSB– 25 мм + нержавіючий чохол Н	2 шт.
3	Стійки для кріплення гіпсових моделей	10 шт.
1	Полотно сурформ, плоске	4 шт.
2	Полотно сурформ, плосковипукле	4 шт.
3	Полотно сурформ, кругле	4 шт.
4	Струбцини	10 шт.
5	Гоніометр	2 шт.
6	Тазомір	2 шт.
7	Ножиці для гіпсу	2 шт.
8	Ножиці для гіпсу	2 шт.
9	Мішалка для гіпсу	1 шт.
10	Ємність для гіпсу	1 шт.
11	Шаблон для визначення центра обертання коліна	1 шт.
12	Ватерпас для тазу	1 шт.

Додаткове обладнання

Шафа для одягу металева	3 шт.
-------------------------	-------

Таблиця 1.15 – Обладнання для робочого місця протезиста (на 2 стола)

1	Промисловий фен BOSCH	1 шт.
2	Дріль BOSCH	1 шт.
3	Шуруповерт Black&Decker Multievo	1 шт.
4	Електролобзик BOSCH	1 шт.
5	Кутова шліфмашинка Bosch Professional	1 шт.
6	Лазер з перехрестними лініями BOSCH	1 шт.
7	Рамна пластина	1 шт.
8	Набір інструментів для глибокої витяжки	1 шт.
9	Тарілка для глибокої витяжки	1 шт.
10	Верстак металевий	2 шт.
11	Перфорована інструментальна стінка	4 шт.
12	Стійка перфорована	4 шт.
13	Витяжка (рекуператор)	1 шт.

Взагалі, майстерня і клінічні приміщення для пацієнтів мають бути організовані з урахуванням максимального комфорту, практичних і раціональних аспектів здоров'я, безпеки і доступу для техніків, штату і пацієнтів. Робоча ділянка має бути забезпечена для техніків максимально можливою необмеженою свободою виконання робочих завдань. Простір має вентилюватися, і повинен мати, у разі потреби, газо- і пиловловлювачі. Крім того, як було зазначено раніше, приміщення повинні мати гарне освітлення. Майстерня і розміщення верстатів мають бути організовані відповідно до частоти використання. Раціональну організацію і аспекти безпеки треба враховувати; наприклад, якщо б механізм, такий як свердлувальний верстат, що використовується постійно, був розташований біля виробничого стенду техніків, щоб уникнути втрати часу на ходьбу на довгу відстань. Фреза з високим ризиком (фрезерний верстат) має бути встановлена на вільній ділянці, щоб уникнути небезпеки для оператора та іншого технічного персоналу. Виробничий стенд має бути від 1,5 до 2 м завдовжки, від 0,6 до 0,8 м шириною і приблизно 0,9 м заввишки, щоб технік не нахилився постійно впродовж роботи. Пристрої, що забезпечують безпеку/захист, типу електричних переривників, мають бути чітко позначеними, видимими і мати легкий доступ без обмежень. Майстерня має бути чиста, і матеріали та інструменти повинні акуратно зберігатися, коли вони не знаходяться у використанні, або після завершення кожного робочого дня. Майстерня повинна мати аптечку першої допомоги, щоб впоратися з невеликими порізами, опіками або подряпинами, вогнегасники для гасіння пожеж, викликаних хімічними речовинами або коротким замиканням, і аварійні виходи.

Таблиця 1.16 – Оснащення та інструменти робочого місця протезиста
(2 стола)

1	Полка горизонтальна	2 шт.
2	Лінійка на перфорацію під кювети	4 шт.
3	Підставка для викруток	2 шт.
4	Підставка для свердлів	2шт.
5	Гачок 100 одинарний	8шт.
6	Гачок 60 подвійний	8 шт.
7	Гачок 60 одинарний	8 шт.
8	Кювета 702	10 шт.
9	Кювета 703	10 шт.
10	Блок розеток БРО-4 п	2 шт.
11	Лещата слюсарні 150 мм	2 шт.
1	Молоток	2 шт.
2	Молоток	2 шт.
3	Набір свердл	2 шт.
4	Набір викруток	2 шт.
5	Набір шестигранних ключів	2 шт.
6	Набір ключів гайкових	2 шт.
7	Лінійка металева	2 шт.
8	Кернер ручний	2 шт.
9	Пассатижі	2 шт.
10	Плоскогубці	2 шт.
11	Круглогубці	2 шт.
12	Набір пробійників	2 шт.
13	Мітчики	2 набори
	Мітчикотримачі	
	Плашка для нарізування різьблення	
	Плашкотримач	
14	Труборіз	2 шт.
15	Кліщі просічні револьверного типу	2 шт.
16	Гумовий молоток	2 шт.
17	Термозахистні рукавички	4 шт.
18	Термозахистні рукавички	4 шт.
19	Розводка	3 шт.
20	Розводка	3 шт.

Персонал має бути добре інформований про місцезнаходження цих устаткувань в майстерні та знати, як правильно їх використовувати. Фахівці майстерні також повинні знати, де знаходяться аварійні виходи. Загалом, персонал має бути ознайомлений з усіма засобами захисту і безпеки та знати, як їх правильно використовувати та застосовувати спеціальний одяг для

безпечної роботи й інше устаткування, необхідне для запобігання нещасних випадків на робочому місці.

1.3 Контрольні запитання

1. Що таке композиційні матеріали та їхні переваги порівняно з гомополімерами?
2. З яких компонентів складаються композиційні матеріали і як кожен з компонентів впливає на властивості композиту?
3. Який клас полімерних матеріалів застосовують найчастіше під час виготовлення протезів кінцівок? Їхні властивості.
4. Які специфічні характеристики еластомерів відрізняють їх від інших груп матеріалів?
5. Які основні види каучуків використовуються у протезобудуванні?
6. Які матеріали, крім синтетичних, використовують у протезобудуванні?
7. Що таке газонаповнені матеріали?
8. Які газонаповнені матеріали застосовуються в протезобудуванні?
9. Які способи застосовуються під час формування термопластичних полімерних матеріалів?
10. У чому розходження в процесі формування термопластичних і газонаповнених листових матеріалів?
11. Як відбувається просочення армуючого матеріалу при методі пошарового просочення термопластів?
12. Які існують способи пошарового просочення литтьовими смолами?
13. У чому суть методу контактної-вакуумної формування?
14. Якими механічними способами можуть оброблятися пластмаси?
15. У чому особливість механічної обробки пластмас на відміну від інших матеріалів?
16. Які способи застосовуються під час зварювання пластмас?
17. Яка умова є необхідною при виборі клею для склеювання пластмас?
18. У чому полягає процес склеювання пластмас?

2 ТЕХНОЛОГІЇ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ОРТЕЗІВ НА ВЕРХНІ ТА НИЖНІ КІНЦІВКИ І ХРЕБЕТ ДЛЯ РІЗНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ

2.1 Матеріали для виготовлення ортезів на верхні та нижні кінцівки і хребет, їхня переробка та обробка

На відміну від протезів, які виконують компенсаторну функцію, ортези здійснюють в основному підтримку і корекцію деформації. Тобто вони більш функціональні ніж протези, і тому мають конструктивні особливості, що, в свою чергу, регламентує вибір матеріалів для їхнього виготовлення.

Під час виготовлення ортезів використовуються термопластичні, термореактивні полімерні матеріали, а також газонаповнені, еластомери, композиційні матеріали, властивості яких було описано у розділі 1, але є деякі особливості. Наприклад, для виготовлення ортезів із групи поліолефінів використовуються поліетилен, поліпропілен та їхні сополімери у вигляді листових матеріалів. Ці матеріали завдяки високим міцнісним та пружним властивостям забезпечують стабільність та міцність конструкції в процесі експлуатації.

Сьогодні в протезобудуванні використовуються листові матеріали фірми Otto Bock (Німеччина) – Термоліни. Під цією маркою випускаються листові термопластичні матеріали декількох марок, які виготовляються з різних базових полімерів: ПЕВЦ, ПЕНЦ, їхніх сумішей, поліпропілену, полістиролу, поліаміду, сополімеру етилену з вінілацетатом. Термоліни, які виготовлені на базі поліетилену, випускаються під маркою Т9, Т16, Т22, Т95.

Матеріал Т16 призначається для ортезів на нижні кінцівки. Матеріали Т9, Т22, Т95 – для ортезів на нижні і верхні кінцівки та на хребет. Нижче наведено властивості цих матеріалів.

Найбільше застосування у вітчизняному протезобудуванні знаходить ТермоЛін Т95. Це матеріал з добрими фізико-механічними характеристиками, не крихкий, досить твердий, легко формується у великогабаритні вироби складної конфігурації, добре обробляється.

Фізико-механічні характеристики Термолінів під маркою Т9, Т16, Т22, Т95:

	Т9	Т16	Т22	Т95
Розміри листа, мм	2000x1000	950x910	1910x910	2000x1000
Товщина листа, мм	2, 3, 4, 5, 6	2, 3, 4, 5, 6	2, 3, 4, 5, 6	2, 3, 4, 5, 6
Щільність, кг/м ³	960	960	950	971
Міцність під час розтягування, МПа	–	40	–	18,0
Відносне видовження, %	500	350	–	500
Ударна в'язкість, кДж/м ²	24	140	–	15,8
Зварювання	нерозрив. зв'язок	неміцн. зв'язок	неміцн. зв'язок	нерозривн. зв'язок
Утягування, %	10	немає	2	10

При патологіях, подібних до ревматоїдного артриту і діабету, з метою розвантаження чутливої до тиску області використовується індивідуальний ортез на стопу (рис. 2.1), виготовлений з сополімера етилену і вінілацетата. Деякі дослідники встановили, що у хворого з ревматоїдним артритом, який носить цей ортез, спостерігається значне збільшення середньої довжини двоопорного кроку, а також підвищується рівень комфорту.



Рисунок 2.1 – Ортез на стопу з сополімера етилену і вінілацетата

Щільність етилвінілацетата складає від 0,92 до 0,96 г/см³, і дозволяє іноді замінити поліетилен низької і високої щільності, при цьому з істотним поліпшенням його бар'єрних властивостей. Зовнішній вигляд цього матеріалу залежить, в основному, від вмісту вінілацетату: полімери з низькою часткою цього сомономеру мають властивості, подібні до властивостей поліетилену низької щільності, і напівпрозорий зовнішній вигляд; підвищення вмісту цього компонента приблизно до 45% зменшує кристалічність. Пластик має фактично аморфну будову, і тому прозорий. При збільшенні вмісту вінілацетата збільшується газопроникність. Серед механічних властивостей – відмінне подовження під час розриву, яке досягає значень від 300 до 750 %, і межа міцності під час розтягування між 7 і 16 мегапаскалів. Плівки, виготовлені з етилвінілацетату, з низьким вмістом вінілацетату, мають високу еластичність і

стійкість на розрив. Температура експлуатації цього пластика – між (– 60) і 60°C, тому він широко застосовується для виробів, що експлуатуються за низьких температур, але обмежено використовується у разі дії високих температур.

Поліпропілен (ПП) – також карболанцюговий полімер, отримуваний полімеризацією газу пропілену (CH₃–CH=CH₂). Структурну формулу поліпропілену наведено на рисунку 2.1.

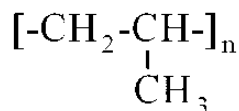


Рисунок 2.2 – Структурна формула поліпропілену

Це твердий термопластичний матеріал із T_{пл}=165–170°C. Він має значну міцність під час розтягування, жорсткість і твердість, високу ударну в'язкість. Більш твердий, ніж поліетилен. Щільність не більше 910 кг/м³. Стійкий до дії кислот, лугів, мінеральних і рослинних олій, органічних розчинників. Недоліком поліпропілену є невисока морозостійкість – не нижче мінус 15°C. Для поліпшення цього показника випускаються композиції поліпропілену морозостійкого на основі поліпропілену з додаванням каучуку.

Важливе значення мають також сополімери пропілену з етиленом (СЕР). Залежності від співвідношення початкових мономерів (етилену і пропілену) їх сополімери можуть бути твердими й еластичними (каучукоподібними) матеріалами. Переваги та недоліки поліпропілену наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Переваги та недоліки поліпропілену

Переваги	Недоліки
Низька питома вага (щільність)	Легкозаймистий матеріал (плавиться при безпосередній дії вогню, але горіння не підтримує)
Відмінна хіміїстійкість	Крихкий / ламкий матеріал при низьких температурах
Висока температура плавлення	Низька стійкість до ультрафіолету
Гарні деформаційно-міцнісні властивості (жорсткість, опір розриву, міцність під час розтягування)	
Переробляється різними методами термоформування	
Велике різномаяття спеціальних марок для специфічних цілей	
Відмінні діелектричні властивості	
Низька ціна	

Нижче наведено основні фізико-механічні характеристики різних поліпропіленів.

	ПП	ПП морозост.	СЕП
Молекулярна вага	60000–200000	100000–500000	
Щільність, кг/м ³	910	900	900
Міцність під час розтягування, МПа	24–39	22,5–24,5	22–25
Відносне видовження у разі розриву, %	300–350	200–230	500–700
Ударна в'язкість за Ізодом	2,5–4,0	–	6,0
Шарпі, кДж/м ²	–	7,5–10,0	–
Модуль пружності при вигині, МПа	1200–1600	1000	980–1370
Твердість за Роквелом	50–100	53,9	32–52
Теплостійкість за Віка, °С	140–145	127	105–140
Температура крижкості, °С	від плюс 5 до мінус 15	мінус 40	від мінус 50 до мінус 60
Температура плавлення, °С	164–170	140–150	118–125

Фірма Otto Wock пропонує дві марки ТермоЛіну на основі поліпропілену: Т20 – листовий матеріал на основі гомополімеру ПП, і Т57 – листовий матеріал на основі сополімеру пропілену з етиленом.

Термолін Т20 призначений для ортезів на нижні та верхні кінцівки і хребет (корсетів), а Т57 – тільки для ортезів на нижні та верхні кінцівки.

Термолін Т20 має високу міцність і твердість, тому його рекомендують для виготовлення частин ортезу, які зазнають значних навантажень. Проте, у цього матеріалі знижена ударна в'язкість, що викликає необхідність обережної обробки виробу для запобігання крихкого зламу. Термолін Т57 менш крихкий матеріал, здатний сприймати ударні навантаження.

Нижче наведені характеристики поліпропіленових Термолінів:

	Т20	Т57
Товщина листа, мм	3, 4, 5, 6	3, 4, 5, 6
Розміри листа, мм	2000x1000	2000x1000
Щільність, кг/м ³	910	900
Міцність при розтягуванні, МПа	32	32
Відносне видовження при розриві, %	500	1200
Ударна в'язкість, кДж/м ²	25	–
Утягування, %	7	7
Температура формування, °С	185	180

Фірма Nort Plastics (Великобританія) пропонує листовий матеріал з гомополімеру поліпропілену. Цей матеріал має добрі формуючі властивості, однак до його недоліків слід віднести низьку ударну міцність і високу чутливість до надрізу. Листи випускаються розміром 2000x1000 мм і 2440x1220 мм, товщиною 2–20 мм.

Характеристики листів наведено нижче:

Міцність під час розтягування	28 МПа;
Модуль пружності	1350 МПа;
Ударна в'язкість за Ізодом Шарпі (з надрізом)	55 Дж/м ² ;
Теплостійкість за Віка	150°C;
Температура плавлення	165–175°C;
Режими формування, які рекомендуються:	
для тонких листів температура розігріву	180–190°C,
тривалість розігріву	3 хв на 1 мм товщини,
для товстих листів (9 мм і більше) температура розігріву	220–235°C.

Цей матеріал рекомендується для виготовлення ортезів на нижні кінцівки та хребет. Іноді його застосовують для виготовлення приймальних гільз стегна і гомілки як вакуумформуванням, так і методом глибокого витягування.

У практиці світового протезобудування використовується широкий спектр низькотемпературних термопластичних матеріалів, що випускаються на основі різних полімерів. У табл. 2.2 наведені види і деякі відомості про низькотемпературні матеріали, які використовуються у світовій практиці протезобудування.

Особливістю та відмінністю використання для виготовлення ортезів термореактивних матеріалів, і зокрема армованих шаруватих пластиків, є застосування препрегів, крім акрилових шаруватих пластиків. Властивості та технології переробки акрилових термореактивних матеріалів було описано у розділі 1.

Препреги

Застосування препрегів у технології виготовлення протезно-ортопедичних виробів є альтернативою технології вакуумпросочення литтьовими смолами. Більш високі міцнісні і пружні характеристики при більш низькій вазі сприяють більш широкому поширенню цих матеріалів у протезобудуванні.

Таблиця 2.2 – Види і характеристики низькотемпературних пластиків, використовуваних у протезобудуванні

Назва матеріалу	Фірма-виробник, країна, ТУ, ГОСТ	Галузь застосування	Режими переробки		Загальна характеристика
			температура, °С	час, хв	
Матеріали на основі поліізопрену					
Езеформ Поліформ Варно-пласт	Поліфлекс (США)	Функціональні ортези, допоміжні засоби	55–70	5–15	
Ортопласт Темпопласт Сан-Сплінт Поліфлекс	Поліфлекс (США)	Функціональні ортези	70–80	75% міцності через 3 хв, 100% – через 10 год.	
Матеріали на основі капролактона					
Orfilight	Orfit Industries (Бельгія)	Високофункціональні шини	65	1,6–3 залежно від товщини	густина – 700-800 кг/см ³
Orfit Classic	Orfit Industries (Бельгія)	Великі шини	55	2–5	густина – 1140 кг/см ³
Orfit NS	Orfit Industries (Бельгія)	Ортези, засоби реабілітації	53	2–5	густина – 1151 кг/см ³
Aquafit NS	Orfit Industries (Бельгія)	Ортопедичні шини	53		густина – 1151 кг/см ³
Orfitbrace	Orfit Industries (Бельгія)	Ортопедичні шини, ортези, засоби реабілітації	53		густина – 1210 кг/см ³
Матеріали на основі поліефірів					
Tecnofit	Orfit Industries (Бельгія)	Ортези на верхні і нижні кінцівки, корсети, головотримачі	60–80	2–5	густина – 1143 кг/см ³

Досвід застосування матеріалів препрег відомий ще з 80-х років минулого сторіччя. Із закордонного досвіду відоме використання препрега при рамковому оформленні колінних суглобів (осі суглоба, гідравлічні вузли) і в карбонопружинних штучних стопах (пружинного елемента стопи) та спроби виготовлення приймальних гільз із препрегів. Однак ці технології не отримали поширення через складність автоклавного способу виготовлення виробу з препрегу. Розробка нових технологій виготовлення ПОВ з препрегів, що не потребують високих тисків, знову привернули увагу до цих матеріалів у галузі ортезування.

Застосування препрегів, порівняно з альтернативними матеріалами (термопластами) і технологіями (вакуумпросочення литтьовими смолами), дозволяє знизити товщину стінки ортезу і, отже, вагу виробу, без зниження або навіть при збільшенні міцнісних показників. З'являється можливість створення конструкцій, які не вимагають зв'язуючих елементів. Крім цього, шляхом добірки відповідної комбінації армуючого матеріалу можна забезпечити індивідуальну, залежно від вимог, дозовану гнучкість або пружинність у тих зонах, де вони бажані, і твердість та стійкість форми там, де вона необхідна, тобто забезпечити більш ефективну диференціацію пружних характеристик по поверхні виробу, порівняно з литими виробами. На рис. 2.3 показані деякі можливі конструкції ортезів, виготовлених із препрегів.



Рисунок 2.3 – Ортези, виготовлені за технологією препрега

Фірма Otto Bock, зокрема, пропонує використання препрегів під час виготовлення ортезів на нижні кінцівки за технологією Malmo, у яких відсутні

сполучні елементи, необхідні в традиційних конструкціях для з'єднання елементів з різних матеріалів.

Як зв'язуюче, в препрегах використовуються безстирольні поліефірні або епоксидні смоли гарячого твердіння, як армуючий матеріал, як правило, – склотканини й вуглетканини, карбонові волокна. Препреги випускаються у вигляді листів або в рулонах. Технологія виготовлення препрегів досить проста в апаратурному оформленні, що дозволяє здійснювати її безпосередньо на протезних підприємствах. Виготовлення листів здійснюється контактним формуванням на плоскій поверхні. На стіл укладається захисний шар поліетиленової або будь-якої іншої плівки, на якому розміщується перший шар армуючого матеріалу, на який будь-яким способом (кистю, валиком, шпателем) наноситься паста зв'язуючого. Зверху укладається наступний шар армуючого матеріалу і прокатується для ущільнення валиком, потім знову наноситься зв'язуюче і т.д. до досягнення необхідної товщини. Зверху знову укладають захисний шар плівки. У процесі набору товщини можна змінювати тип армуючого матеріалу, залежно від вимог до препрегу.

Вміст армуючого матеріалу може складати 40–60% від маси пасти. Набраний пакет витримують 3–4 доби для дозрівання, після чого препрег готовий для використання. Життєздатність препрега в нормальних умовах залежно від введеного ініціатора твердіння коливається від декількох тижнів до 6 місяців. При знижених температурах життєздатність препрега збільшується.

Для цілей протезування/ортезування в УкрНДІпротезування було розроблено препрег на основі поліефірної смоли зі збільшеною життєздатністю (*патент на винахід України №82777 «Препрег»*).

У табл. 2.3 наведено фізико-механічні властивості препрегів залежно від армуючої вуглетканини на основі синтетичних волокон різних виробників, які присутні на ринку України.

Із еластомерів, описаних вище, для виготовлення безшарнірних ортезів на нижні кінцівки використовуються високотемпературні силіконові гумові суміші Термосил, а для ортезів на верхні кінцівки частіше комбінують цей матеріал з термопластами (рис. 2.4). Для виготовлення ортезів на стопу використовують широкий спектр низькотемпературних силіконових матеріалів як імпортного, так і вітчизняного виробництва. Найбільш відомі вітчизняні низькомолекулярні каучуки СКТН низькотемпературні силікони, описані вище.

Таблиця 2.3 – Залежність фізико-механичних властивостей поліефірних препрегів від використаного вугільного компоненту армуючої системи

Країна виробник	Вугільний компонент				Фізико-механічні властивості			
	Поверхнева щільність, г/м ²	Кількість філоментів	Характер плетіння	Руйнуюча напруга при вигині, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²	Модуль пружності при вигині, МПа	Прогин при руйнуванні, мм	
Білорусь	300	2	Полотняне плетіння	169,2	47,0	6500	2,9	
Німеччина (фірма Saertex)	300	3	Полотняне плетіння	370,0	62,0	13900	2,6	
Німеччина (фірма Saertex)	200	3	Полотняне плетіння	260,4	58,0	10900	2,3	
Німеччина (фірма Saertex)	350	3	Односпрямоване	210,0	50,0	5800	4,0	
Німеччина (фірма Otto Bock)	200	3	Полотняне плетіння	235,3	55,0	786,3	2,0	
США (фірма Zoltek group)	200	3	Полотняне плетіння	330,0	60,0	13800	2,0	



а)



б)

Рисунок 2.4 – Приклади ортезів з високотемпературних силіконових сумішей, розроблених в УкрНДІпротезування: а – ортез на гомілковостопний суглоб – стопу; б – ортез на лікоть – зап'ясток – кисть

Широкий спектр газонаповнених матеріалів також, описаний у розділі 1, застосовується для виготовлення зм'якшувальних елементів ортезів на верхні кінцівки та пелотів для ортезів на хребет.

Технології переробки полімерних матеріалів, які використовуються під час виготовлення ортезів на кінцівки та хребет.

У процесі переробки полімерних матеріалів під час виготовлення ортезів використовують такі технології:

- формування за гіпсовою моделлю листових газонаповнених матеріалів;
- термоформування за гіпсовою моделлю листових термопластів;
- вакуумне термоформування за гіпсовою моделлю листових термопластів;
- формування методом пошарового армування термопластів;
- формування протезно-ортопедичних виробів з низькотемпературних пластиків.

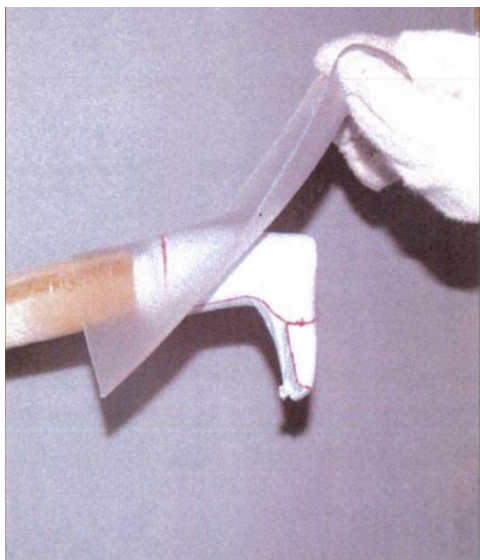
Термоформування за гіпсовою моделлю листових термопластів

Цим методом здійснюється виготовлення ортезів з листових поліолефінів і європлекса (ароматичний поліамід).

Суть методу: заздалегідь вирізану з листа термопластичного матеріалу заготовку необхідних розмірів поміщають у термошафу (наприклад, 701E7) або термостіл (наприклад, 701E10), в якому встановлено необхідну температуру, і витримують протягом часу, необхідного для досягнення пластичного стану.

Температурно-часові режими встановлюються відповідно до рекомендацій для кожного конкретного матеріалу і розмірів заготовки.

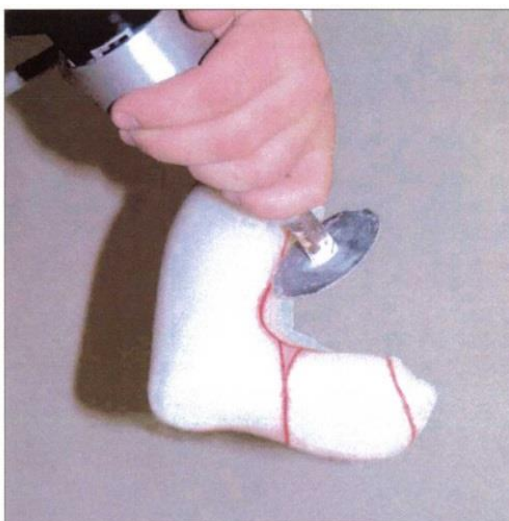
Потім розігріту листову заготовку переміщують на гіпсову модель і обтягують її листовою заготовкою, розрівнюючи складки, які утворилися (рис. 2.5, а), вручну відформовуючи всі контури моделі і зварюючи крайки заготовки (рис. 2.5, б). Операцію зварювання необхідно робити якомога швидко, до охолодження матеріалу нижче температури, при якій зварювання ще можливе. Крайки звареного шва видаляють ножом до затвердіння матеріалу. Змодельована заготовка витримується на гіпсовій моделі до повного охолодження матеріалу. Після завершення процесу охолодження на заготовці визначають контури, за якими вирізають заготовку виробу за допомогою віброножа 756В4 (рис. 2.5, в).



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.5 – Процес термоформування за гіпсовою моделлю

Далі заготовку виробу знімають з моделі і проводять остаточну обробку контурів виробу за допомогою шарошильного верстака (шарошки) 749Z2 (рис. 2.5, г) і полірування повстяним диском 749F4.

Необхідно більш детально зупинитися на технології «препрег», яка, в основному, не застосовується при виготовленні протезів, та технології формування протезно-ортопедичних виробів з низькотемпературних пластиків.

Технологія «препрег»

Даний метод є варіацією методу контактено-вакуумного пресування за «сухим» способом. Суть його полягає в ущільненні попередньо просоченого армованого матеріалу (препрега) внаслідок різниці між атмосферним тиском і розрідженням у просторі між формуючою поверхнею та гнучкою герметизуючою мембраною.

Метод здійснюється на гіпсовій моделі і містить такі операції.

1. Нанесення розмітки контурів виробу на гіпсовій моделі за допомогою олівця.

2. Нанесення розділового шару на гіпсову модель. Як розділовий шар можна використовувати ПВС плівку, однак, простіше обмотати гіпс декількома витками тонкої поліетиленової плівки (рис. 2.6). При 120°C плівка стає такою м'якою, що складки майже цілком розгладжуються, і виникає щільна плівка. Даний розділовий шар перешкоджає «всмоктуванню» зв'язуючого із препрега в пори гіпсової моделі.

3. Виготовлення паперових шаблонів виробу за розмітками, зробленими на моделі. Викроювання з матеріалу препрег по паперових шаблонах заготовок виробу (рис. 2.7).

4. Розміщення вирізаних заготовок на моделі за зазначеним контуром (рис. 2.8, а). При цьому потрібно стежити, щоб заготовки препрегу щільно прилягали до моделі, не було повітряних пухирців і шари не мали складок. У задніх вирізках матеріал потрібно добре вмасажувати. Як допомогу під час нанесення окремих накладок, матеріал можна злегка підігрівати феном з гарячим повітрям. Завдяки цьому поліпшується змазуваність і збільшується склеюваність.

5. Натягування на модель з викладеними на ньому заготовками трикотажного рукава для більш щільного фіксування заготовок на моделі і видалення надлишків зв'язуючого (рис. 2.8, б).

6. Виготовлення зовнішньої герметизуючої мембрани. На останній шар препрега натягується тонкий трикотажний рукав і на нього герметизуючий

чохол із ПВХ плівки. Шар з трикотажного рукава діє як усмоктувальний, завдяки чому можна зробити більший тиск на задні відрізки. В шар плівки вставляється трубочка, що виступає з верхнього кінця мембрани, і приєднується до відсмоктуючого шланга. Нижній край мембрани закріплюється герметично на металевій трубці позитива (рис. 2.8, в).

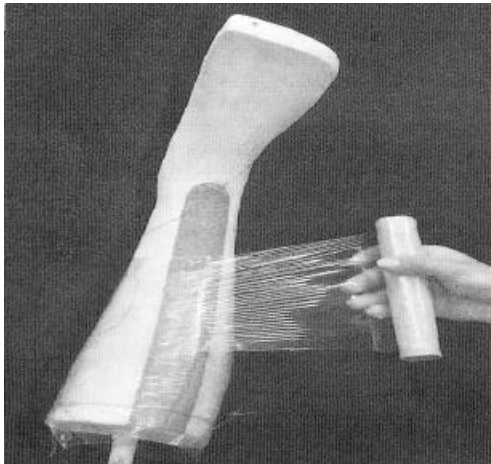


Рисунок 2.6 – Нанесення розділового шару на гіпсову модель

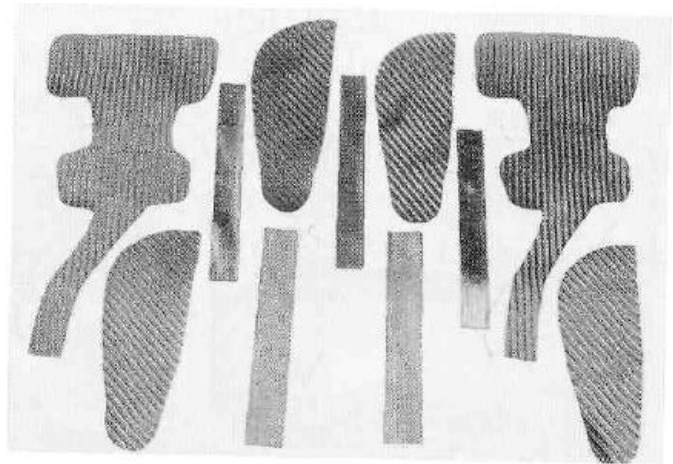
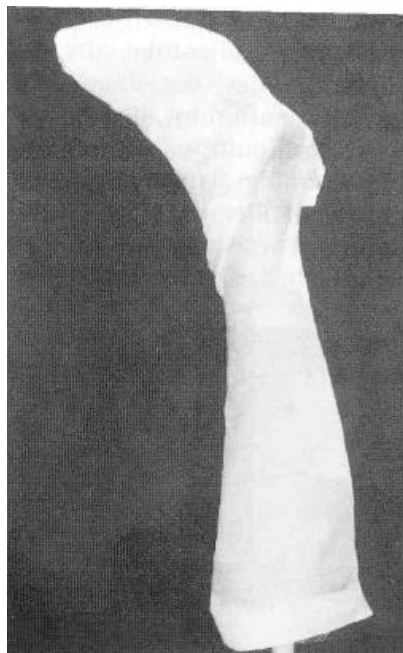


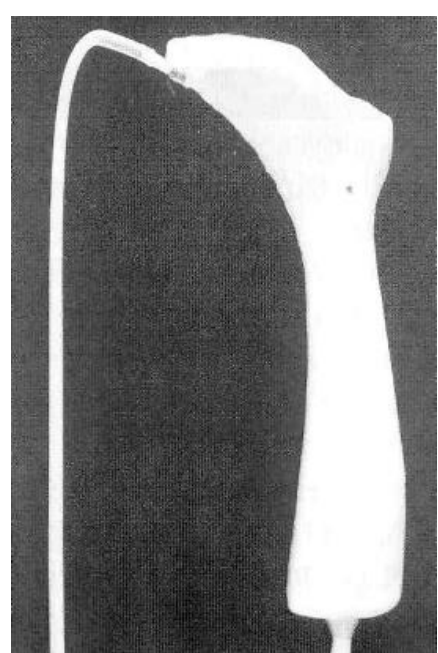
Рисунок 2.7 – Викроювання з матеріалу препрег заготовок виробу



а)



б)



в)

Рисунок 2.8 – Підготовка до процесу виготовлення виробу:

- а – розміщення шаблонів на моделі;
- б – модель з натягнутим трикотажним рукавом;
- в – модель із установленою герметизуючою мембраною.

7. Складена модель розміщується у термошафі, до якої підведений відсмоктуючий шланг вакуумної установки і трубочка, закріплена у верхньому краї мембрани, приєднується і герметично закріплюється на відсмоктуючому шлангу (рис. 2.9). Підключається вакуум.

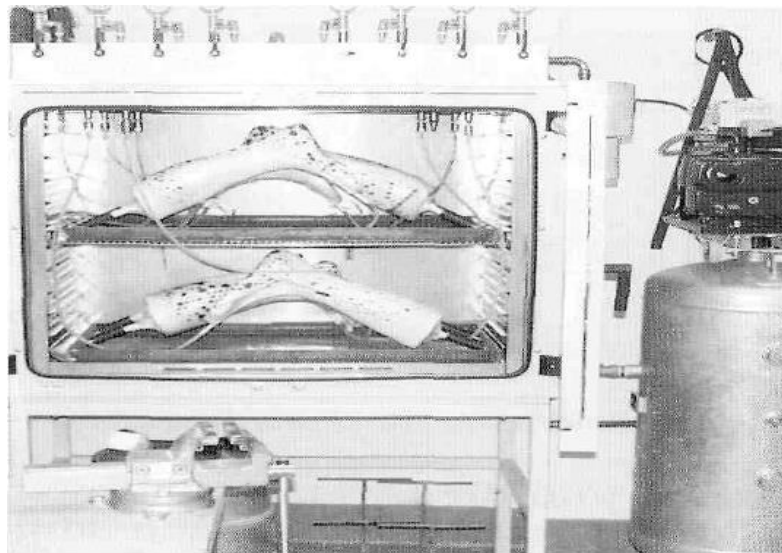


Рисунок 2.9 – Розміщення зібраних моделей у термошафі

8. У термошафі встановлюється необхідна температура. Матеріал препрег твердіє під тиском (мін. 0,3 бар) і температурою, рекомендованою для зв'язуючих у препрегі: 110–130°C – для поліефірних смол і 80–150°C – для епоксидних смол. При цьому температуру твердіння потрібно витримувати мінімум 25 хв залежно від типу смоли, що використовується, оскільки модель, яка має кімнатну температуру, повинна спочатку повільно нагріватися при температурі термошафи до температури, при якій відбувається твердіння. Через 2 години заготовка буде цілком тверда. Під час твердіння низький тиск має підтримуватися постійно.

9. Після завершення процесу твердіння вакуум відключається, модель із заготовкою витягується з термошафи і витримується при кімнатній температурі для охолодження. Потім з гіпсової моделі знімаються верхня герметизуюча мембрана і трикотажний рукав. Заготовка виробу знімається з моделі і піддається остаточній обробці (шліфування, полірування, установка кріпильних ременів тощо). При цьому методі гіпсова модель не руйнується і може, за необхідності, використовуватися повторно.

На базі УкрНДІ розроблено спосіб виготовлення шарнірів для протезно-ортопедичних виробів із препрега на основі поліефірної смоли (*патент на винахід України №98282 «Спосіб виготовлення шарнірів для протезно-*

ортопедичних виробів») під тиском за допомогою прес-форми. Спосіб включає такі операції: набирання пакета почергово укладених 10–15 шарів препрегу, вирізання з нього заготовки шарніра, розміщення її у пресформі та полімерізацію при температурі 150°C та тиску 0,8–1,0 МПа протягом 120 хв.

Формування протезно-ортопедичних виробів з низькотемпературних пластиків

Формування ортезів з листових низькотемпературних пластиків здійснюється безпосередньо по тілу пацієнта (рис. 2.10). Це можливо завдяки тому, що високоеластичний стан, за якого здійснюється формування виробу, настає у цього виду пластмас при невисоких температурах 60–90°C. Докладно низькотемпературні пластики описані у відповідному розділі посібника.



Рисунок 2.10 – Приклади ортезів з листових низькотемпературних пластиків

Спосіб формування складається з таких операцій. Лист матеріалу нагрівають до 50–60°C для його розм'якшення. Розігрів можна здійснювати в термошафах, термостолах, у ванні з гарячою водою.

З розігрітого листа за викройкою вирізають заготовку виробу. Розігрів здійснюють будь-яким можливим способом до температури, рекомендованої для конкретного матеріалу, що наведено в таблиці 2.4.

Розігріту заготовку витримують 2–3 хв при кімнатній температурі і потім накладають на тіло пацієнта. Завдяки тому, що зовнішні шари матеріалу дуже швидко остигають, а матеріал залишається пластичним, не відбувається опіку шкіри пацієнта. Руками моделюють заготовку, надаючи їй форму поверхні тієї частини тіла, за якою виготовляється ПОВ. Моделювання здійснюється при неповному отвердінні матеріалу, поки він зберігає пластичність, і в цей час можливе внесення необхідної корекції. Після повного охолодження (через 8–15 хв) матеріал цілком твердіє.

Таблиця 2.4 – Температури, що рекомендуються для переробки низькотемпературних пластиків

Назва матеріалу	Режими переробки	
	температура, °C	час, хв
Полівик	60–90	8–15
Езеформ Поліформ Варнопласт	55–70	5–15
Ортопласт Темпопласт Сан-Сплінт Поліфлекс	70–80	75% міцності через 3 хв, 100% – через 10 годин
Orfilight	65	1,5–3, залежно від товщини
Orfit Classic	55	2–5
Orfit NS	53	2–5
Aquafit NS	53	
Orfibrace	53	
Tecnofit	60–80	2–5

У світовій практиці виготовлення ортезів все частіше використовують сучасні комп'ютерні технології, наприклад, систему комп'ютерного автоматизованого проектування CAD/CAM. Ця система використовується в процесі створення та моделювання тривимірної віртуальної моделі тіла людини чи його фрагмента. Подальша віртуальна модель переноситься на верстат з чисельним програмним керуванням для виготовлення реальної моделі з газонаповненого поліуретану. Така технологія дозволяє уникнути трудомістких та тривалих операцій з виготовлення гіпсового негатива та гіпсової моделі, часто дуже складних та великих для виготовлення ортезів на хребет. Але така технологія вимагає сучасного і дорогого устаткування, високої кваліфікації та досвіду праці від фахівців протезних підприємств.

Способи обробки полімерних матеріалів, які використовуються під час виготовлення ортезів, не відрізняються від описаних у підрозділі 1.1.

2.2 Обладнання та інструменти

Організація роботи у протезно-ортопедичній майстерні описана у підрозділі 1.2. В таблиці 2.5 наведено перелік обладнання та інструментів для виготовлення ортезів.

Інструменти, які використовуються у роботі, та вимоги до них наведено у підрозділі 1.2.

Таблиця 2.5 – Перелік обладнання та інструментів для виготовлення ортезів

<i>Приміщення для клінічного обстеження пацієнтів</i>		
1	Кушетка для обстеження	1 шт.
2	Стілець для обстеження	1 шт.
3	Стіл	1 шт.
<i>Ділянка гіпсового моделювання</i>		
4	Стілець	1 шт.
1	Крісло для зняття мірок з опорою	1 шт.
2	Опора для ніг	1 шт.
3	Апарат для гіпсування	1 шт.
4	Приймальні кільця	1 шт.
5	Опорна підставка	1 шт.
6	Апарат для гіпсування SIT-Cast із пневматикою	1 шт.
7	Модульна опорна рама «Модель Лукас»	1 шт.
8	Пристосування для нанесення гіпсу на стопу	2 шт.
9	Стіл для гіпсового моделювання	2 шт.
10	Піч для сушіння гіпсу	1 шт.
11	Керамічна раковина	1 шт.
12	Стелаж для гіпсових моделей	2 шт.
13	Балансувальний апарат	1 шт.
14	Раковина для шліфування гіпсу	1 шт.
15	Пластикова ванна	4 шт.
16	Збірник відходів	2 шт.
17	Уловлювач гіпсу	1 шт.
18	Ємність для гіпсу	10 шт.
19	Пневматичне долото	2 шт.
20	Компресор	2 шт.
21	Допоміжне пристосування для виготовлення гіпсових моделей	2 шт.
22	Шпатель для гіпсу	5 шт.
23	Лопатка для гіпсу	2 шт.
24	Шпатель для розрівнювання гіпсу	5 шт.
25	Шпатель для розрівнювання гіпсу	5 шт.
26	Совок для гіпсу	3 шт.
27	Мішалка для гіпсу	3 шт.
28	Кравецький сантиметр	5 шт.
29	Державка рашпіля	5 шт.
30	Рашпіль стандартний	5 шт.
31	Рашпіль	5 шт.
32	Рашпіль з закругленими кінцями	5 шт.
33	Рашпіль круглий	5 шт.
34	Шліфувальна сітка	5 шт.
35	Рулетка	5 шт.
36	Ножиці для гіпсу	2 шт.

Продовження табл. 2.5

37	Ножиці для гіпсу	2 шт.
38	Лінійка	2 шт.
39	Прилад для виміру внутрішніх розмірів куксоприймачів	2 шт.
40	Штангенциркуль Ottobock	3 шт.
41	Штангенциркуль Ottobock	1 шт.
42	Кутомір	1 шт.
43	Тазомір	1 шт.
44	Вертикальна чертилка	2 шт.
45	Ватерпас для тазу	2 шт.
46	Подвійний перпендикуляр	2 шт.
47	Стілець	4 шт.
48	Поворотний домкрат зі стійкою	1 шт.
49	Установка для переносу розмірів	2 шт.
50	Фартух для робіт з гіпсом	5 шт.
<i>Ділянка для роботи з литтьовими смолами та нанесення покриття</i>		
1	Верстак	2 шт.
2	Перфорована інструментальна стінка	4 шт.
3	Лещата	4 шт.
4	Поворотний домкрат зі стійкою	1 шт.
5	Термошафа	1 шт.
6	Кабіна для фарбування розпиленням	1 шт.
7	Пристрій для фіксації куксоприймача	1 шт.
8	Опорна рама для термошафи	2 шт.
9	Робоче місце для робіт з ламінування	4 шт.
10	Стационарний вакуумний пост	1 шт.
11	Комплект для нанесення покриття	1 шт.
12	Електрична пила для різання гіпсу	2 шт.
13	Дискове полотно	4 шт.
14	Сегментне дискове полотно	4 шт.
15	Електричний ручний дріль	2 шт.
16	Машинка для зварювання плівки	1 шт.
17	Компресор	1 шт.
18	Електронні ваги	1 шт.
19	Кравецький сантиметр	5 шт.
20	Ножиці	2 шт.
21	Мірники	4 шт.
22	Щіточка	4 шт.
23	Шафа для зберігання матеріалів	1 шт.
24	Зенкер	1 шт.
25	Ємність для води	2 шт.
26	Захисні рукавички для роботи з хімікатами	5 шт.

Продовження табл. 2.5

<i>Ділянка для роботи з термопластами та силіконом</i>		
1	Набір інструментів для глибокої витяжки	2 шт.
2	Термоплита	2 шт.
3	Термошафа з рухомим піддоном, інфрачервоне випромінювання	1 шт.
4	Термошафа, інфрачервоне випромінювання	1 шт.
5	Вальці для роботи з НТВ силіконом електричні	1 шт.
6	Вальці для роботи з силіконом механічні	1 шт.
7	Електролобзик	1 шт.
8	Пильне полотно для лобзика	10 шт.
9	Стаціонарний вакуумний пост	1 шт.
10	Електрофен	2 шт.
11	Підставка для утримування гіпсових моделей	2 шт.
12	Теплозахисні рукавиці	4 шт.
13	Електрична пилка для різання гіпсу	2 шт.
14	Дискове полотно	4 шт.
15	Сегментне дискове полотно	4 шт.
16	Державка для скальпеля	2 шт.
17	Леза для скальпеля	2 шт.
18	Верстак	3 шт.
<i>Ділянка для складання ортезів</i>		
1	Верстак	3 шт.
2	Перфорована інструментальна стінка	3 шт.
3	Лещата	3 шт.
4	Поворотний домкрат зі стійкою	1 шт.
5	Термошафа	1 шт.
6	Електрофен	1 шт.
7	Електричний ручний дріль	1 шт.
8	Наковаленки	1 шт.
9	Клепальна шина	1 шт.
10	Пристрій для складання ортезів	1 шт.
11	Юстирувальний набір для ортезних шарнірів	1 шт.
12	Шаблон 50:50	1 шт.
13	Шаблон для визначення центра обертання коліна	1 шт.
14	Лазер з перехресними лініями	1 шт.
15	Універсальний штатив	1 шт.
16	Пристрій для паралельної вивірки	1 шт.
17	Пристрій для паралельної вивірки	1 шт.
18	Набір викруток для гвинтів із хрестоподібним шліцом	1 шт.
19	Набір викруток	1 шт.
20	Гайковий ключ	1 шт.
21	Молоток з м'якими бойками	1 шт.
22	Слюсарний молоток	3 шт.

Продовження табл. 2.5

23	Шестигранна викрутка	1 шт.
24	Комплект шестигранних штифтових ключів Torx	1 шт.
25	Набір торцевих ключів для внутрішніх шестигранників	1 шт.
26	Пассатижі	2 шт.
27	Плоскогубці	2 шт.
28	Круглогубці	2 шт.
29	Універсальні кліщі	1 шт.
30	Кліщі пробивні револьверного типу	1 шт.
31	Ножиці для різання шкіри	1 шт.
32	Ножиці для різання бандажів	1 шт.
33	Ніж для шкіри	1 шт.
34	Ножівка по металу	1 шт.
35	Набір подвійних гайкових ключів	1 шт.
36	Набір накидних гайкових ключів	1 шт.
37	Ручний кернер	1 шт.
38	Пробійник	1 шт.
39	Штамп для осаджування стрижня заклепки	1 шт.
40	Обтиск	1 шт.
41	Набір спіральних свердлів	1 шт.
42	Набір мітчиків і плашок	1 шт.
43	Рихтувальний молоток	1 шт.
44	Плющильний молоток	1 шт.
45	Швацька машинка	1 шт.
46	Ручка для напилків	1 шт.
47	Напівкруглий рашпіль	1 шт.
48	Напилок плоский	1 шт.
49	Напилок круглий	1 шт.
50	Чотиригранний напилок	1 шт.
51	Інструмент для розведення	1 шт.
52	Інструмент для розведення	1 шт.
53	Інструмент для розведення	1 шт.
54	Інструмент для розведення	1 шт.
55	Набір притисків для розведення	1 шт.
<i>Ділянка механічної обробки ортезів</i>		
1	Верстак	1 шт.
2	Перфорована інструментальна стінка	1 шт.
3	Лещата	1 шт.
4	Шарошильно-полірувальний верстат	3 шт.
5	Стрічково-шліфувальний верстат	1 шт.
6	Шліфувальна стрічка на тихорецькій основі	1 шт.
7	Універсальний стрічковопилний верстат	1 шт.
8	Вертикально-свердлильний верстат з колоною	2 шт.

Продовження табл. 2.5

9	Важільні листові ножиці	1 шт.
10	Токарно– гвинторізний верстат	1 шт.
11	Шліфувальний верстат із двома абразивними колами	1 шт.
12	Загострена рашпільна фреза	1 шт.
13	Рашпільна фреза	1 шт.
14	Рашпільна фреза	1 шт.
15	Рашпільна фреза	1 шт.
16	Загострена конусна фреза	1 шт.
17	749F6 Шліфувальний валик	3 шт,
18	749Y16=* Шліфувальна гільза	6 шт.
19	749Z8=* Шліфувальний валик	3 шт.
20	Конічне шліфувальне коло	3 шт.
21	Шліфувальний валик	3шт.
22	Набір валиків для тонкого шліфування	3 шт.
23	Набір силіконових шліфувальних конусів	2 шт.
24	Тканинне полірувальне коло	5 шт.
25	Пластинчасте шліфувальне коло	2 шт.
26	Полірувально– шліфувальний валик	2 шт.
27	Конус Морзе	1 шт.
28	Свердлильний патрон із зубчастим вінцем	1 шт.
29	Машинні лещата	1 шт.
30	Набір свердлів	2 шт.
31	Абразивне коло	2 шт.

2.3 Контрольні запитання

1. Який клас полімерних матеріалів застосовують найчастіше під час виготовлення ортезів кінцівок? Їх властивості.
2. В яких протезно-ортопедичних виробах, завдяки своїм особливостям використовуються кремнійорганічні каучуки?
3. Що таке препреги, їх властивості та переваги?
4. На яких принципах заснована класифікація композиційних матеріалів?
5. В чому розходження армованих пластиків і препрегів?
6. Які характеристики низькотемпературних термопластів обумовлюють технологічні прийоми під час виготовлення ПОВ з них?
7. У чому особливість формування низькотемпературних пластиків?
8. У чому особливість технології виготовлення технічних засобів з препрегів?

3 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ В ПРОТЕЗНО-ОРТОПЕДИЧНІЙ МАЙСТЕРНІ

3.1 Техніка безпеки під час роботи з обладнанням та інструментами

На практиці оптимальна організація виробництва без наявності безпечних і нормальних санітарно-гігієнічних умов праці неможлива. В організації техніки безпеки на виробництвах з переробки пластмас вирішальне значення мають такі заходи:

- боротьба з впливом шкідливих речовин;
- попередження опіків;
- електробезпечність;
- попередження виробничого травматизму;
- попередження вибухів і пожеж.

Все обладнання майстерні має підтримуватися в справному, чистому стані і робочому порядку, використовуватися тільки з дотриманням правил безпеки і зберігатися у відповідному місці.

Необхідна обережність під час роботи поруч з будь-якої електричної схемою. Треба завжди припускати, що схема приєднана і електроенергія підключена, поки не переконатися в зворотному.

Не користуватися електричним приладом та механізмами без ознайомлення з інструкцією з використання та техніки безпеки.

Обладнання має бути заземленим.

3.1.1 Техніка безпеки під час роботи з обладнанням

Верстати

Високий ступінь уваги, обережності й здорового глузду потрібен під час роботи на будь-яких верстатах, оскільки є завжди ризик аварійної випадковості. Верстати мають експлуатувати відповідно до норм виробника та інструкції щодо їхнього використання.

У разі користування свердлильним верстатом або фрезою працівникам не можна носити просторий одяг або вільно розпущене волосся, які можуть бути захоплені в механізм, заподіявши пошкодження. Неохідно користуватися захисним одягом, таким як захисні фартухи та рукавички.

Заборонено також підіймати що-небудь, нахилившись над верстатом, залазити на верстат.

Заборонено регулювати верстат, якщо вимикач не перебуває у положенні «ВИМКНУТО», і верстат не припинив рух повністю.

Усі верстати повинні мати пристрій безпеки/захисту (запобіжник), який перериває подачу електроенергії і швидко зупиняє верстат у надзвичайній ситуації (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Пристрій безпеки/захисту (запобіжник), який перериває подачу електроенергії в надзвичайній ситуації

У разі користування свердлильним верстатом треба притиснути матеріал, який свердлиться, до робочого столу, або використовувати ручні лещата, щоб матеріал не перекинувся під час свердління.

Перед включенням електроенергії свердла необхідно міцно затиснути в круглому свердлильному патроні.

Під час використання фрез:

- необхідно завжди встановлювати запобіжник від коливань;
- ріжучі леза повинні добре регулюватися для рівноваги і бути затиснуті серед фрези. Не можна використовувати не відрегульовані машини;
- місцезнаходження верстата має бути вибрано так, щоб було достатньо вільного місця для комфортної роботи техника на фрезерному верстаті;

– різні робочі інструменти мають зберігатися або бути розташовані біля станка так, що б не було ризику пошкодження руки або пальців при виборі інструментів;

– під час роботи необхідно користуватися окулярами для захисту очей і респіраторами від частинок матеріалу або пилу;

– під час роботи на фрезерно-шліфувальному верстаті пристрій для відсмоктування або вакуумний пристрій повинні завжди включатися під час шліфування, крім шліфування сталі (оскільки є ризик виникнення пожежі через створення іскор).

Під час використання стрічкових пилок:

– лезо пилки має бути захищене до висоти максимального необхідного розрізу. Це досягається через верхні і нижні захисні пластини, дверцята або інші покриття поверх верхніх і нижніх приводних коліс самої пилки. Покриття має бути встановлено таким способом, що оператор не буде травмований, коли вискочить зламане лезо стрічкової пилки;

– верстати з настільною стрічковою пилкою повинні мати пристрій гальмування, що дозволяє швидко зупинити лезо стрічкової пилки в критичному випадку або після використання верстата;

– стрічкова пилка має очищатися після кожного використання;

– можна використовувати леза стрічкової пилки тільки в повністю справному стані, які не мають відсутніх зубців і не зігнуті або викривлені;

– маленькі деталі можна розрізати за допомогою стрічкової пилки, тільки використовуючи затискні пристрої, які запобігають пошкодженню рук.

3.1.2 Техніка безпеки під час роботи з інструментами

Інструменти, що використовуються для великої частини щоденної технічної роботи, часто гострі або дуже важкі і тому, під час застосування цих інструментів не належним чином виникає досить високий ризик аварійної випадковості і пошкодження.

З метою запобігання аварійних випадків необхідно виконувати такі правила:

– на робочому столі кожен технік повинен мати тільки необхідні інструменти, що відповідають виконуваній роботі. Всі інші інструменти, які не є необхідними для роботи в даний момент, мають зберігатися в ящику стенда або в інших спеціальних місцях для зберігання;

– необхідно дотримуватися обережності з такими інструментами, як зубила, долота, молотки, напилки і т.д. та зберігати їх у справному стані. Наприклад, поверхні головок молотка мають бути в справному стані і мати

гарну форму, розколи і закручені краї на наголошеній поверхні долота мають бути видалені;

- всі інструменти мають правильно використовуватися, щоб запобігти будь-якому ризику аварійної випадковості. Після завершення роботи інструменти мають бути очищені та повернуті в місце для зберігання, щоб вони були доступними для використання іншими техніками;

- перед тим, як використовувати молоток, слід переконатися, що ручка надійно прикріплена до головки молотка;

- небезпека або ризик травми також існують, коли ручки напилка, скребки і т.д., не дуже добре очищені або не відрегульовані належним чином. Перед початком роботи з цими інструментами необхідно переконатися, що вони знаходяться в справному робочому стані;

- під час роботи з шліфувальним каменем, шліфувальним верстатом або наждаком слід використовувати окуляри для захисту очей;

- у разі використання пили з рамою або дугою необхідно звернути увагу на стан пластин: чи є вона досить напружена, не викривлена, чи добре регулюється по дузі;

- гострі інструменти мають транспортуватися обережно і в невеликих кількостях, наскільки це можливо, для безпеки і, щоб зберегти гострими ріжучі краї;

- якщо технік або клініцист не працюють або не користуються оправками, металевими брусками, позитивами, ортезами, протезами або іншим матеріалом, то останні не повинні залишатися виступаючими з лещат або інших затискних пристосувань в проході приміщення, оскільки це може створити аварійну ситуацію для колег, що проходять повз.

3.2 Техніка безпеки під час роботи з матеріалами для виготовлення протезно-ортопедичних виробів

Зберігати отруйні, вогнебезпечні, агресивні матеріали, які мають шкідливі пари, можливо тільки в спеціальних та добре вентильованих приміщеннях на безпечній висоті, в захищених контейнерах або в захисних шафах, призначених виключно для цієї мети і розташованих подалі від джерел вогню або високої температури. Використовувати можна тільки необхідну кількість матеріалу.

Протезисти повинні знати властивості матеріалів, які використовують, та пов'язані з ними правила безпеки.

Техніка безпеки під час переробки пластмас

Під час роботи з пластмасами доводиться мати справу з тими або іншими шкідливими речовинами, що можуть вражати шкіру, дихальні шляхи, нервову систему, кровообіг, а також при тривалому впливі викликати гострі та хронічні захворювання. Кожна шкідлива речовина має гранично-припустиму концентрацію (ГПК, звичайно вимірювану в $\text{мг}/\text{м}^3$), нижче якої вони не виявляють свого шкідливого впливу. Перевищення ж ГПК призводить до отруєння цими речовинами.

Виключення безпосереднього контакту працюючих зі шкідливими речовинами і чистота робочих приміщень досягається такими заходами:

- герметизацією апаратів і комунікацій;
- місцевою і загальною припливно-витяжною вентиляцією;
- заміною шкідливих речовин менш шкідливими;
- забезпеченням робочих місць індивідуальними засобами захисту: респіраторами, захисними окулярами, рукавичками, спецодягом тощо.

Заходи щодо попередження виробничого травматизму та електробезпеки в робочих приміщеннях:

- огороження всіх частин устаткування, що рухаються;
- введення в експлуатацію устаткування припустимо тільки після відповідних іспитів;
- неприпустиме захарачення робочих місць і проходів, величина проходів має відповідати встановленим нормам;
- наявність захисного заземлення, занулення і захисного відключення електроустаткування;
- устрій і експлуатація електроустаткування мають відповідати правилам електромонтажних робіт і техніки безпеки;
- ручні електроінструменти, прилади, переносні лампи мають живитися тільки безпечною напругою: 12 В – в особливо небезпечних випадках (сирі приміщення), 36 В – у приміщеннях з підвищеною небезпекою, або спеціально в захисному виконанні;
- до ремонту механічного й електротехнічного устаткування допускається тільки спеціальний персонал, що склав іспит із правил ведення робіт і техніку безпеки;
- у небезпечних місцях мають бути попереджувальні знаки, попереджувальне фарбування;
- працівники повинні проходити періодичний інструктаж. Знову прийняті працівники допускаються до роботи тільки після навчання і складання іспитів.

Протипожежні заходи на виробництві організуються залежно від ступеня вибухо- і пожежонебезпеки використовуваних у виробництві полімерів і допоміжних продуктів (товарних пластмас, органічних розчинників, розріджувачів).

Тверді товарні пластмаси і рідкі смоли без розчинників самі не запалюються і горять тільки при підвищеній температурі. Реактопласти, фторопласти, полівінілхлорид горять, але якщо полум'я прибрати – гаснуть. Термопласти горять і підтримують горіння з різною інтенсивністю. Добре горять поліетилен, оргскло, пінополіуретан тощо. Пінополіуретан під час горіння небезпечний тим, що виділяє отруйні пари синильної кислоти та ізоціанатів у концентраціях, в десятки і сотні разів перевищуючих припустимі.

Пил товарних пластмас у визначених концентраціях вибухонебезпечний.

Особливу вибухо- і пожежонебезпеку мають летючі органічні розчинники, що мають дуже низькі температури спалаху і тому їх слід завжди зберігати в герметично закритій тарі, оберігати від відкритого вогню, в тому числі, від іскор електричних розрядів. Витрата вибухо- і пожежонебезпечних летючих органічних розчинників у виробничих приміщеннях має відбуватися з герметично закритих мірників.

Цехові приміщення з переробки реактопластів і термопластів належать до класу В. Виробництва, пов'язані з застосуванням вибухонебезпечних розчинників, належать до класу А або Б.

3.3 Контрольні запитання

1. Назвіть основні правила безпеки під час роботи з верстатами.
2. Назвіть основні правила безпеки під час роботи з інструментом.
3. Назвіть основні безпеки під час переробки пластмас.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О.В. Суберляк, П. І. Баштанник. – Київ: НТУ «КП», 2006. – 270 с.
2. Структура и свойства нанокompозитных, гибридных и полимерных покрытий. Физика. Легкая промышленность. Москва: Либроком. 2011.
3. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / К.Е. Перепелкин / Легкая промышленность. Москва: Научные основы и технологии. 2009.
4. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства. технологии / Кербер М. / Технические науки. Техническая литература. Санкт-Петербург: Профессия. 2008.
5. Клеи, адгезия, технология склеивания / А. Поциус / Технические науки. Техническая литература. Санкт-Петербург: Профессия. 2007.
6. Переработка каучуков: Технологии, материалы, принципы. / Дж. Л. Уайт. Москва: Научные основы и технологии. 2009.
7. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю.А. Михайлин. – Санкт-Петербург: Научные основы и технологии, 2008. – 822 с.
8. Махортов Н.С. Использование полимерных материалов и химических веществ предприятиями протезной промышленности РСФСР// Протезирование и протезостроение: Обзорн.информ. – Москва. – 1986. – Вып. 3. – 22 с.
9. Технология переработки полимеров. Физические и химические процессы: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – Москва: Юрайт, 2017. – 316 с.
10. Конструкционные материалы. Сплавы, полимеры, керамика, композиты / У. Болтон. / Машиностроение. Материаловедение. – Москва: Додэка XXI. – 2011.
11. Марычев С.Н., Калинин Б.А. Полимеры в медицине: учеб. пособие / Владим. гос. ун-т; Владимир, 2001. 68 с.
12. М. Штильман: Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения / М.И. Штильман. – Москва: Лаборатория знаний, 2015.
13. Полимеры в биологии и медицине / Под ред. Майка Дженкинса. Пер. с англ. О.И. Киселева, науч. ред. Н.Л. Клячко. – 2011. – 256 с.
14. Углеродные волокна и углекомпозиты / Под ред. Э.Фитцера. – Москва: Мир, 1988. – 336 с.
15. Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – Київ: НТУ «КП», 2006. – 270 с.

16. Промышленные термопласты / В.Г. Макаров, В.Б. Коптенармусов. – Москва: Химия. 2003.
17. Справочник по технологии изделий из пластмасс / Г.В. Сагалаев, В.В. Абрамов, В.Н. Кулезнева, С.В. Власов. – 2000.
18. Переработка пластмасс / О. Шварц, Ф.-В. Эбелинг, Б. Фурт; под общ. ред. А.Д. Паниматченко. – Санкт-Петербург: Профессия, 2005. – 320 с.
19. Материалы для ортопедической техники / Otto Wock. ORTOPADISCE INDUSTRIE. – Каталог. – 2019.
21. Навчальний посібник курсу дистанційного навчання «Протезування та ортезування». / Модуль І–ІІІ, Нюрберг, Німеччина, Міжнародне суспільство з протезування та ортезування (ISPO), Школа реабілітаційних наук Human Study e.V. – Університет Don Bosco. – 2010.
22. Руководство ортопеда-техника в 3-х томах / Под ред. Зеп Хайм. – Эмборн: Общество по техническому сотрудничеству Германии. Даг-Хаммерскейлд. – Вер. III. – 1991.
23. Деклараційний патент України № 53026 А, МПК С08L 83/04, Полімерна композиція / Л.О. Мельник, Н.Г. Пупкова, Н.В.Савельєва, І.О. Хмелевська та ін.; заявник – ДНДІ «ЕЛАСТИК». – № 2002020962; заявл. 15.01.2003р.; опублік. 15.01.2003р
24. Патент на винахід України № 82777 С2, МПК А 61L 27/00, Препрег / І.Л. Солнцева, І.О. Хмелевська, Є.К. Гришко та ін.; ааявник – УкрНДІпротезування. – № а200610376; заявл. 29.09.2006; опублік. 12.05.2008, Бюл. №9.
25. Патент на винахід України № 98282 С2, МПК А 61F 2/50, Спосіб виготовлення шарнірів для протезно-ортопедичних виробів / І.Л. Солнцева, Л.О. Белєвцова, Є.К. Гришко та ін.; заявник – УкрНДІпротезування. – № а201108978; заявл. 18.07.2011; опублік. 25.04.2012, Бюл. №8.
26. Аврунін О.Г. Досвід організації в Україні системи підготовки фахівців з протезування та ортезування за сучасними міжнародними стандартами / О.Г. Аврунін, В.В. Семенець, А.Д. Салєєва та ін. // Матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю «Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності». – Харків, УкрНДІпротезування, 2021. – С. 54–57.
27. Semenets V., Salieieva A., Avrunin O., Grishchenko V., Karpenko I. & Solntseva I. (2021). Experience of the organization in Ukraine of the system of training of specialists for prosthetic industry according to international standards. *New Collegium*, 1(103), 19–28. <https://doi.org/10.30837/nc.2021.1.19>
28. Аврунін О.Г. Співробітництво між Харківським національним університетом радіоелектроніки та УкрНДІпротезування з підготовки фахівців з вищою освітою для протезної галузі // Зб. наук. праць за матеріалами

наук.-техн. конф. «Досягнення та перспективи реабілітації, підвищення функціональних можливостей і якості життя осіб з ураженнями опорно-рухової системи». Харків: УкрНДІпротезування, 2017. С. 101–104.

29. Tymkovych M.Y., Avrunin O.G., Farouk H.I. Reconstruction method of the intact surface of surgical accesses. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2014, 9(70), 37–41.

30. Avrunin O.G. Using a priori data for segmentation anatomical structures of the brain / O.G. Avrunin, M.Y. Tymkovych, S.P. Moskovko, et. al. // *Przegląd Elektrotechniczny*: doi:10.15199/48.2017.05.20. – V. 93-5. – 2017. – P. 102-105.

31. Аврунин О.Г. Визуализация верхних дыхательных путей по данным компьютерной томографии/ О.Г. Аврунин // *Радиоэлектроника и информатика.* – 2007. – № 4. – С. 119–122.

32. Сучасні інтелектуальні технології функціональної медичної діагностики: монографія / О.Г. Аврунін, Є.В. Бодянський, М.В. Калашник, В.В. Семенець, В.О. Філатов. – Харків : ХНУРЕ, 2018. – 248 с.

33. Інтелектуальні технології моделювання хірургічних втручань: монографія / О.Г. Аврунін, С.Б. Безшапочний Є.В. Бодянський., В.В. Семенець, В.О. Філатов. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 210 с.

34. Avrunin O., Nosova Ya., Khudaieva S. Features of creation technologies for educational panoramic video content // *Modern approaches to the introduction of science into practice: Abstracts of X International Scientific and Practical Conference. San Francisco, USA 2020. Pp.256–259.*

35. Повышение образовательного потенциала обучающих материалов при использовании видео с эффектом присутствия / О.Г. Аврунин, В.В. Семенець, Я.В. Носова, С.А. Худаева // *Матеріали X міжнар. наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасний рух науки».* Дніпро, 2020. Т.1. С. 8–13.

36. Проблемы инклюзивного образования / В.В. Семенець, О.Г. Аврунін, Т.В. Носова, Я.В. Носова // *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна.* 2014. № 1143 (6). С. 23–27.

37. Селиванова К.Г. Возможности исследования тонкой моторики рук в динамике с помощью графического планшета // *Сб. матер. докл. «Биотехнические, медицинские и экологические системы и комплексы»,* 2012. С. 164–166.

38. Селиванова К.Г. Экспериментальное исследование тонкой моторики рук с помощью цифрового графического планшета // *Вестник НТУ «ХПИ»:* сб. науч. тр. Темат. вып.: Новые решения в современных технологиях. Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. № 18 (991). С. 137–143.

39. Капля М.А. Костин Д.А., Тымкович М.Ю. Возможности применение гироскопа для оценки тремора конечностей // *XVII Міжнар. наук.-техн. конф.*

«Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів. Кременчук: КрНУ, 2018. С. 215–216.

40. Tatyana V. Zhemchuzhkina, Sergii M. Zlepko, Tatyana V. Nosova, Valerii V. Semenets, Oleksii V. Kirichek, Marcin Maciejewski and Ainur Ormanbekova. Application of EMG-signal phase portraits for differentiation of musculoskeletal system diseases // Proc. SPIE 11176, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments. 2019, 1117632 (6 November 2019).

41. Дацок О.М., Прасол И.В., Ерошенко О.А. Побудова біотехнічної системи м'язової електростимуляції // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інформатика та моделювання. Харків : НТУ «ХП», 2019. № 13 (1338). С. 165–175.

42. Комп'ютерне планування малоінвазивних втручань в офтальмології та нейрохірургії / О.Г. Аврунін, Д.В. Кухаренко, В.О. П'ятикоп, В.В. Семенець, М.Ю. Тимкович, В.О. Філатов. Харків: ХНУРЕ, 2020. 160 с.

43. Аврунін О.Г. Можливості 3D-контенту при фізичній реабілітації в дистанційному режимі / О.Г. Аврунін, Г.П. Грохова, О.Ю. Прісич та ін. // Матер. науково-практ. конф. з міжнар. участю «Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності». – Харків, УкрНДДПротезування, 2021. – С. 143–145.

44. Особенности дистанционного осмотра пациента в условиях телемедицины / Я.В. Носова, С.А. Худаева, Н.О. Шушляпина, О.Г. Аврунин // Зб. наук. праць наук.-практ. конф. «Медико-психологічні та інформаційні аспекти реабілітації і абілітації людини», м. Константи́нівка, 20 жовт. 2020 р. – С. 156–157.

45. Бажан О.В., Аврунін О.Г., Тимкович М.Ю. Використання технологій віртуальної реальності в пластичній хірургії // I Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів «Авіація, промисловість, суспільство», Кременчук, 2018. С. 184.

46. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: зб. наук. пр. Харків: ХУПС, 2007. Вип. 9 (67). С. 137–140.

47. Шамраева, Е.О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях / Е.О. Шамраева, О.Г. Аврунин // Бионика интеллекта. – 2006. – № 2 (65). – С. 83–87.

48. Шамраева, Е.О. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным / Е.О. Шамраева, О.Г. Аврунин // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т. 4, № 4. – С. 441–443.

49. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / С.В. Павлов, О.Г. Аврунін, С.М. Злепко, Є.В. Бодянський та ін.; за ред. С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця: Едельвейс і К, 2019. – 260 с.

Навчальне видання

САЛЄЄВА Антонина Денисівна
СОЛНЦЕВА Ірина Леонардовна
БЄЛЄВЦОВА Людмила Олеговна
НОСОВА Тетяна Віталіївна
СЕМЕНЕЦЬ Валерій Васильович

ВИРОБНИЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАТЕРІАЛИ

Навчальний посібник

Рецензенти:

В.В. Григорук, канд. мед. наук, доцент кафедри екстренної та невідкладної медичної допомоги, ортопедії та травматології Харківського національного медичного університету;

Д.О. Чекрижев, канд. мед. наук, лікар-ортопед травматолог Товариства з обмеженою відповідальністю «Медичний центр «Ортоспайн».

Відповідальний випусковий В.В. Семенець
Редактор Б.П. Косіковська
Комп'ютерна верстка Л.Ю. Светайло

План 2022 (перше півріччя), поз. 8.

Підп. до друку 24.12.21.	Формат 60x84 _{1/16} .	Спосіб друку – ризографія.
Умов. друк. арк. 5,2.	Облік. вид. арк. 4,8.	Тираж 75 прим.
Ціна договірна	Зам № 1-8	

ХНУРЕ. Україна. 61166, Харків, просп. Науки, 14

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі ХНУРЕ
61166, Харків, просп. Науки, 14

