



## THE NEGLECT OF CLASSIC ELECTRICAL INSULATION MATERIALS IN MODERN TECHNOLOGY

**Abstract:** Nowadays, the use of many of the classic insulation materials in electrical engineering and electronics is discontinued. This phenomenon is observed in many industries and is due to modern, cheaper alternatives. Everything is produced in bulk, has a short service life, and questionable durability. The most important thing for the manufacturer is to reduce production costs and increase profits. However, consumer safety must not be forgotten. This publication compares materials on both sides of the spectrum and gives recommendations on how to produce cost-effective insulation elements with good quality.

### Author information:

#### Tsvetoslav Tsankov

Assoc. prof., PhD

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ c.cankov@shu.bg

🌐 Bulgaria

#### Keywords:

Bakelite, Getinax, Karbolit, Printed circuit board, Sklotextit.

#### Ekaterina Konstantinova

student

Faculty of Technical Sciences

at Konstantin Preslavsky – University of Shumen

✉ katminkova2@gmail.com

🌐 Bulgaria

### 1. Въведение

Епохата на синтетичните материали започва с навлизането на фенолните смоли и революционното откритие на бакелита – кондензат от фенол и формалдехид, преживял разцвет в периода 1925-1955 г.

Отличната електроизолация прави от фенопластите идеален материал за корпуси за намиращата се във възход електроиндустрия. Като пресована маса той позволява производството на голям брой единични детайли, а освен това е на разположение в големи количества.

Изобощо серийната техника на пресоване е решаваща не само поради това, че по онова време бакелитът е на второ място по изгодно задоволяване на масовото потребление. В много по-голяма степен техническите параметри на материала оказват решаваща роля и бележат езика на формите на продуктите.

Компактните и затворени форми, без прорези, с гладка повърхност и заоблени ъгли виждаме в телефонни апарати, радиа и лампи. Пословичният изолационен материал от вчера се е развил в модерна суровина. Редом с проводниковите плочи в електроиндустрията вече са налице термично и механично свързващи вещества с ограничено натоварване. За производство на плочи от твърди влакна и пенести вещества и до днес се употребяват фенолните смоли.

В наши дни много от класическите изолационни материали в електротехниката и електрониката ще престанат да бъдат използвани. Това разбира се не се прави заради избретиането на по-добри, а всичко се произвежда на границата на издръжливост и за кратък

експлоатационен живот. Най-важното за производителя е да намали производствените разходи, за да увеличи печалбите. Безопасността на потребителите обаче не трябва да се остава на заден план.

Използването на разтопяеми пластмаси може да доведе до късо съединение и пожар. Много производители използват такива опасни материали като изолятори дори и в електронагревателни уреди (фиг. 1).



**Фиг. 1.** Пластмасови разклонители и пластмасов отоплител

Фенопластите са имали много голямо приложение в миналото. Например външните панели на автомобилите Трабант са го класирали за автомобил на годината. „Кашонът“ на Трабантите всъщност се състои от 46% памучни влакна, 52% фенолна смола и 2% разделителна хартия и талк (фиг. 2).



**Фиг. 2.** Външни обвивки на заден калник (а) и врата (б)

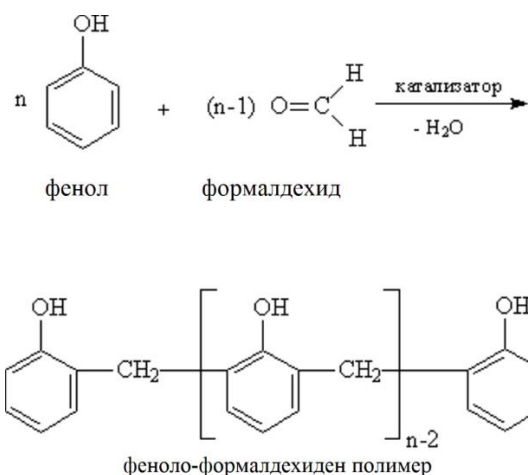
## 2. Бакелит

През 1893 г. в САЩ белгийският изобретател Лео Хендрик Бакеланд основава своя собствена компания за производство на изобретената от него фотохартия „велокс“, а по-късно я продава на Кодак. След това се заема в лаборатория с търсенето на заместител на естествената тропическа смола от шеллак [6].

След като провежда за кондензация на фенол (монооксибензен, карболова киселина) и формалдехид (мравчен алдехид), Бакеланд получил фенолформалдехидна смола. Тя станала първата индустриална синтетична терморективна пластмаса. През 1909 г. Бакеланд получава патент (US51828309A – Condensation product and method of making same) за своя материал, който той нарича бакелит, а през 1910 г. основава Bakelite Corporation.

Изобретението на Бакеланд бързо става известно в цял свят и самият той придобива популярност. Скоро след изобретението започва да се произвежда бакелит в Япония, Англия, Германия, Русия и много други страни. В Русия например през 1914 г. група химици Лисев, Петров и Тарасов в лаборатория на копринено тъкачна фабрика синтезирали карболит – руски аналог на бакелит.

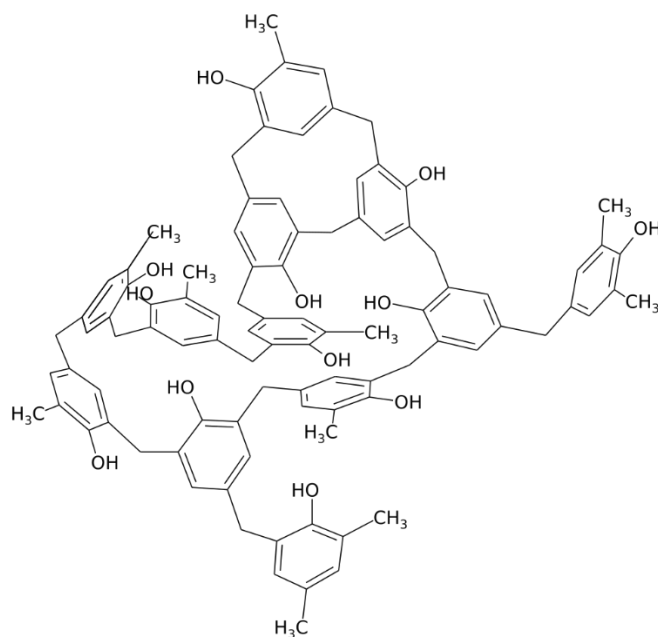
Реакцията на поликондензация, проведена от Бакеланд е следната е пояснена на фиг. 3.



**Фиг. 3.** Поликондензация

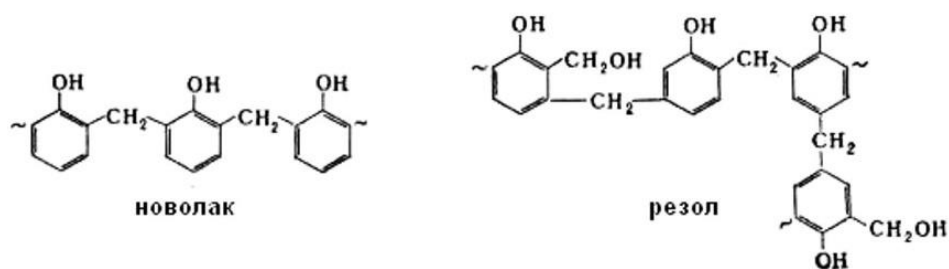
В зависимост от съотношението между фенол и формалдехид, вида на използвания катализатор (кисел или алкален) и условията на реакциите за образуване на смола се получават два различни вида смоли – термопластични новолакови смоли и термореактивни резолни смоли. В присъствието на кисели катализатори (солна или оксалова киселина) с излишък от фенол се получават новолакови смоли, а в присъствието на основни катализатори (NaOH, Ba(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>OH) с излишък от формалдехид се получават резолни смоли.

Пространствената структура бакелита е изобразена на фиг. 4.



**Фиг. 4.** Триизмерна структура на бакелита

Новолаковите смоли са предимно линейни олигомери, в молекулите на които фенолни ядра са свързани чрез метиленови мостове и не съдържат почти никакви метилолови групи (–CH<sub>2</sub>OH). Резолните смоли са смес от линейни и разклонени олигомери, съдържащи голям брой метилолни групи, подходящи за по-нататъшни трансформации (фиг. 5).



**Фиг. 5.** Структурите на новолак и резол

Новолаковата смола в твърдо състояние има цвят от светлокафяв до тъмнокафяв, специфично тегло около  $1,2 \text{ g/cm}^3$ . Способен е многократно да се топи и втвърдява, добре се разтваря в спирт и много други разтворители. Преходът на смолата от неразтопено състояние при  $150\text{-}200^\circ\text{C}$  в нетопимо и неразтворимо състояние при липса на втвърдител се осъществява много бавно. Точката на топене, вискозитетът и скоростта на втвърдяване на новолаковите смоли също се променят много бавно с времето. Следователно, новолаковите смоли могат да се съхраняват в продължение на няколко месеца при всяка температура. Резолните смоли стават нетопими и неразтворими при повишени температури, както и при продължително съхранение дори при нормални температури.

Окончателното втвърдяване на новолаковите смоли става само при наличието на специални втвърдители, главно уротропин (хексаметилентетрамин). Достатъчно е само повишаване на температурата без втвърдител за смолата на резола.

Втвърдените фенолформалдехидни смоли се характеризират с добри диелектрични и термофизични свойства, водоустойчивост, киселинна устойчивост и в комбинация с пълнители – висока механична якост (сравнима със здравината на металите). Намерили са приложение в много електроуреди и в бита (фиг. 6).



**Фиг. 6.** Изделия от бакелит в миналото

За промяна в свойствата на фенолформалдехидните смоли, в реакцията по време на тяхното получаване се добавят компоненти, способни да взаимодействат с фенол и формалдехид. И така с добавянето на анилин се увеличават диелектричните свойства и водоустойчивостта. Фенолформалдехидните смоли имат добра адхезия към много материали и

могат лесно да се комбинират с повечето пълнители: фибростъкло, азбест, цимент, гипс, креда, талк, кварц, въглища и др. Способността на новолаковите и резолни смоли за лесно импрегниране на различни материали се реализира при производството на ламинирана пластмаса – гетинакс и текстолит, произведени в листови и по-сложни форми, до цилиндрични и конични тръби и други оформени изделия.

Пластмасите на базата на фенолформалдехидните смоли често се наричат феноласти или фенолни пластмаси. Бакелитът е термопластичен материал. Първоначално се е отличавал с чупливост и черно-кафява окраска, но постепенно обработването му се е усъвършенствало (фиг. 7).



**Фиг. 7.** Първите бакелитови телефонни апарати са били черни или кафяви, но след това всичко се е променило

Бакелитът е проправил път на много други синтетични материали, които са се появили през 20 век. В днешни дни продуктите от бакелит отново предлагат най-добро качество (фиг. 8).



**Фиг. 8.** Съвременни електроизолирани продукти от бакелит

Най-добре от всичко е подходящ за всевъзможни детайли за електроапаратура, където се изискват високи електроизолационни качества. Затова от него са се произвеждали прекъсвачи, телефонни апарати, розетки и много други. В град Шумен работеше ПП „Успех“ към Съюза на слепите в България. Произвеждаха се качествени изделия от бакелит.

### **3. Производство на формовани изделия**

Най-важните фактори, определящи икономичността на технологията, се явяват степента на автоматизация и продължителността на цикъла. Продължителността на формоване се състои от време за нагряване на масата до температура за формоване и време за протичане на химическата реакция. При 160 °С времето на реакцията е от 5 до 10 s. Тъй като

топлопроводността на формовъчните маси е относително ниска, то основна част се явява времето за нагриване. Изхождайки от това е целесъобразно да се съкрати формовъчния цикъл за сметка на предварително нагриване на масата извън пресформата до температура, малко по-ниска от температурата на пресформата. Опитът показва, че икономията, получена за сметка на усъвършенстване на технологията, много силно влияе за развитието на производството на пластични маси [4], [5].

#### *Пряко пресоване*

При прякото пресоване предварително дозираната прескомпозиция се изсипва в открита нагрива форма, която след това се затваря и се прави формоване и втвърдяване при нагриване и под налягане. Предварително таблетиранията обаче композиция се подлага на нагриване с високочестотно излъчване в продължение на 60 s до 110÷120 °C. При това е важно разпределението на влагата в прескомпозицията да е равномерно, тъй като в противен случай се влошава способността на композицията за таблетирание и се снижават диелектричните характеристики на крайния материал. Друго достойнство на предварителното формоване се явява понижаването на налягането на формоване, което намалява износването на пресформата.

Методът за пряко пресоване дава възможност да се получават по-здрави изделия в сравнение с изделията изготвени по метода на пресово леене или леене под налягане. Това свойство се постига, тъй като в следствие на относително ниската течливост на композицията по време на пресоването не протича ориентация и разрушаване на влакната. Основният недостатък на процеса за пряко пресоване се явява ниската степен на автоматизация, в частност затруднения с подаването на формовъчния материал, за който е необходимо предварително да се претегли и да се пренесе на ръка до пресформата. При този процес възниква силна запрашеност на работното място. Икономичността на процеса може значително да се повиши, ако се използва шнеков механизъм за предварителна пластикация. В този случай отпада необходимостта от таблетирание на материала, обработката и предварително нагриване на гранулите и ръчно пълнене на пресата, което води до минимално запрашаване на производствените помещения. При шнековата пластикация се използват по-големи температури при предварителното нагриване на материала (в сравнение с високочестотното нагриване). Разработените системи за управление позволяват пълното автоматизиране технологията за пряко пресоване в серийното производство.

Големите тънкостенни изделия, например кутии, е по-икономично да се изготвят по метода на пряко пресоване в многогнездови пресформи. По този начин се отстраняват нежелателните явления като ориентация и повреждане на влакната, които се наблюдават в процеса на леене под налягане. Няма съмнение, че метода за пряко пресоване не може да бъде изместен от метода за леене под налягане.

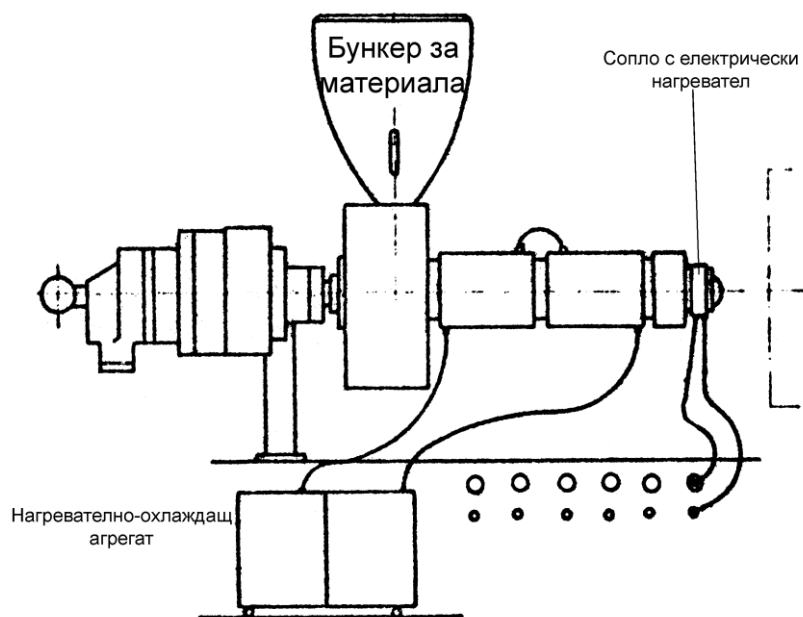
#### *Пресово леене*

Предварително нагриваната формовъчна маса се изстиска (под налягане 100 N/mm<sup>2</sup>) от нагриваната пълначна камера в затворената пресформа. Освен предварителното нагриване в пълначната камера, формовъчната маса се нагрива допълнително за сметка на топлината, отделена при триенето от движението и през тесния канал на леяка. Дадения процес е много ефективен при производството на относително дебелостенни изделия с различна дебелина на стените. При изхода от соплото материала претърпява въздействие от рязкото падане на налягане, което води до ефективно отделяне на газове, разтворени в композицията, това понижава свиването на изделието. Подаването на материала в затворената пресформа позволява да се понижи разхода на композицията за сметка на повишаване на точността на дозиране и в голяма степен намалява загубите. При това може да протече някаква ориентация на влакната, но не и в такава степен, както при леенето под налягане.

### Леене под налягане

Първата машина за изготвяне на реактопласти по метода на леене под налягане (инжекционно формоване) е била представена в Токио през 1955 г. на Втората международна промишлена изложба. Практическото използване на метода за леене под налягане на реактопласти е започнало в средата на 60-те години на XX век, когато са били разработени съответните полимерни материали годни за формоване. Основната научно-изследователска работа в областта на леярските материали е била проведена от фирмата „Bakelite“, ФРГ [2], [4].

Последователността от операции на леярската машина за реактопласти е аналогична на последователността на работа на леярска машина за термопласти. Насипният материал постъпва от бункер, нагрява се и се пластицира за сметка на преместването, предизвикано от шнек. Нагряването на композицията се осъществява основно за сметка на триенето, а също така и с помощта на водна риза (фиг. 9).



Фиг. 9. Формопласт – X – 498/165 (165 – грамажа на детайлите)

След натрупването на предварително нагретия материал, шнека се премества обратно в цилиндъра на машината, а пластицирания еднороден материал се подава под високо налягане в горещата форма при прав ход на шнека. Допълнително нагряване на материала се постига при преминаването му през тясното сопло с висока скорост. Максималната доза на впръскване обикновено е 2 kg. Типичните режими на технологичния процес при леене под налягане на фенолни преспрахове (тип 31) са дадени в табл. 1.

Таблица 1. Температурни режими при леене под налягане

Температура в цилиндъра, °C	В средната част	65 – 85
	В предната част	85 – 110
	В соплото	110 – 130
Температура на формата, °C		165 – 200
Честота на въртене на шнека, $min^{-1}$		35 – 100
Налягане на формоване, $N/mm^2$		1200 – 2500
Продължителност на формоване, s		15 – 60

Друг способ за формоване е прякото пресоване при леене. При този способ се прави пълно впръскване на материала под налягане в пресформата, когато тя още не е напълно затворена. След това пресформата се затваря при пълно налягане, което заставя материала да

запълни кухината на изхода на пресформата. Дадения метод съчетава в себе си преимуществата на процеса на пряко пресоване и леене под налягане. При това се намалява ориентацията на пълнителите и анизотропията на твърдостта на материала, но се увеличава частта на загуби. Откритата пресформа осигурява ефективно отделяне на газовете.

По своя състав леярската композиция се отличава от композицията за пряко пресоване с по-високо съдържание на смола (до 50%) и вътрешна смазка, следователно по-голяма течливост. Материала способен да се втвърдява трябва да има много ниска реакционна способност при температури например до 110 °С, т. е. да има голяма жизнеспособност в цилиндъра на машината и бързо да се втвърдява при температури  $\approx 140$  °С. В патентната литература се споменава за използването на т.нар. скрити катализатори, които могат да бъдат полезни за тази цел. Продължителността на формоване може допълнително да се понижи, като се използват ускорители, които предварително се подлагат на изсушаване.

Топлината необходима за леене под налягане, се състои от топлината доставена отвън за нагриване на материала в цилиндъра на машината, топлината която се превръща работата при триене и адиабатното сгъстяване, а също така и топлината отделяща се при реакцията на втвърдяване. Несъмнено най-голямата част топлина е свързана с повишаването на температурата за сметка на триенето. Работата на силите на триене може да се увеличи, като се използва стопилка с по-голяма плътност, като се повишава честотата на въртене на шнека и противоналягането, а също така като се увеличава скоростта на материалния поток (например като се повишава налягането на впръскване и/или с намаляване на напречното сечение на соплото). При превръщането на механичната енергия в топлинна протича много бързо и равномерно повишаване на температурата. Най-ефективно се явява повишаване скоростта на потока, като се използват тесни сопла с едновременното увеличаване на налягането на впръскване. Така намаляването на сечението на соплото от 28 до 3  $mm^2$  води до намаляване на продължителността на формоване на сместа (от тип 31) до 45%, едновременно с това значително се повишава и качеството на повърхността на материала.

Загубите на материал при обикновеното леене под налягане са 15÷20% (това са загубите на материал в основния и разпределителния леяк), а когато се използват многогнездни форми за неголеми отливки, за електротехниката и електрониката, загубите достигат до 50%. От основните способи за намаляване на загубите на материал са следните:

- загубите значително се намаляват при използването на нагривани леяци аналогично на това, както при използването на нагрети канали във формите за получаване на изделия от термопласти;
- отпадъците от материал в основния и разпределителния леяк се намаляват или се отстраняват, ако композицията в леяците не се втвърдява и може да бъде използвана повторно, като се подаде във формата при следващото впръскване на материала;
- загубите намаляват и при използването на устройство с топлоизолационна преграда, при това температурата на формата се задържа в пределите от 80 до 110 °С и се поддържа с помощта на течен топлоносител.

Освен това могат да се препоръчат още ред относително не скъпи конструктивни решения. Към тях се отнася използването на удължено сопло с регулиране на температурата или нагриван леяк. В Япония фирмата “Meiki and Co.” е разработила затворена система за повторно използване на отпадъците, като те се раздробяват в мелници до частици с размери 50÷100  $\mu m$ , раздробената маса равномерно се смесва с пресматериала за първично използване и по-нататък се подава с конвейер в бункера на леярската машина. Доказано е, че в пресматериала може да се въведе до 15% прахообразен фенолен пълнител без да се влошат качествата на изделието.



#### 4. Фенолни смоли за леене

Фенолните смоли за леене (така наречените “благородни” смоли) представляват фенолформалдехидни смоли от резолов вид, които се приготвят посредством кондензацията на фенола с голям моларен излишък от формалдехид. Получената при кондензацията вакуумно обезводнена течна смола се излива във форми и бавно се втвърдява под действието на светлината до необходимата твърдост. Втвърдената смола след охлаждането се изважда от формите [1], [2].

Основните свойства, които трябва да притежават смолите за леене, са достатъчна механична якост, жилавост и добър външен вид.

Условие за постигането на тези желани свойства е да се образува колоидна дисперсия на системата смола–вода. С напредващата кондензация при втвърдяването на смолата хлорофилният зол на смолата бавно преминава отначало в мек, а след това постепенно в твърд гел. Тази желатинация е под влиянието на кондензацията, протичаща с отделянето на вода във вид на дребни капчици, които остават затворени във втвърдяващата се смола като неподвижна среда. Тази вода (3÷8%), финодиспергирана във втвърдената смола е причина за голямата ѝ жилавост и якост, за нейната прозрачност или непрозрачност (според съдържанието) и за другите и свойства. Значителният излишък от формалдехид намалява съдържанието на свободен фенол, а прибавката на антиокислителни не дава възможност за неговото окисляване в цветни съединения с хинонова структура, така че могат да се получат безцветни и прозрачни продукти.

Отливките могат да имат най-разнообразна форма в зависимост от формата, в която става втвърдяването на смолата. Най-често се произвеждат блокове, които после могат да се нарежат на плочи. В този случай процесът на втвърдяването се съкращава, тъй като от топлия блок се нарязват на хобелмашини плочите, след което се поставят във водоравно положение и под действието на топлината се довършва тяхното втвърдяване.

Смолите за леене се произвеждат в прозрачен или непрозрачен вид, безцветни, оцветени или с най-различни разноцветни ефекти (имитация на мрамор, кехлибар, оникс, седеф и др.). Размерите на блоковете зависят от вида на производственото съоръжение. Фенолните смоли за леене се произвеждат в няколко вида, които се различават помежду си по своите свойства. Те могат да се изменят посредством различните съотношения между реагиращите компоненти, степента на кондензацията, количеството на колоиднодиспергираната вода, вида и количеството на прибавките и степента на втвърдяването. Смолите за леене се преработват в готово изделие чрез механично обработване (рязане, струговане, рендосване, шлайфане, полиране и др.).

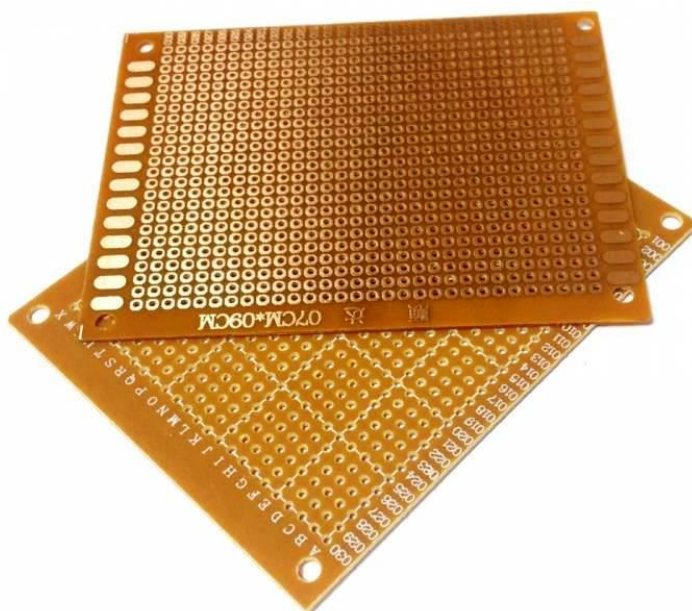
Използват се като технически материал – електрически изолатори (особено във влажна среда), ръкохватки на инструменти, втулки в оптиката, киселиноустойчиви части за апаратури, модели и др., като декоративен материал – в галантерията и бижутерията, за дръжки за чадъри и бастуни, дръжки за ножове и маникюрни принадлежности, копчета, цигарета и лули, фигурки за шах, зарове, бiliarдни топки, мебелна обковка, четки, четки за бръснене и т.н. Търговските им наименования са: *alberit, cetalin, dekorit, karbolit, leukorit, neokleorit, pliorit, trolon, umalon, juralit* и др.

#### 5. Слоести материали

Слоестите продукти са анизотропни, поради това, че структурата им се състои от малко или повече видимо редуващи се слоеве от пълнител и свързващо вещество (термореактивна смола). В техническата практика е възприето те да се класифицират според вида на пълнителя. Това датира още от времето, когато като свързващо вещество на практика са се използвали само фенолните смоли. От най-голямо значение и най-разпространени са следните слоести материали: на хартиена основа, на текстилна основа, на основа стъклена тъкан, дървен фурнир,

декоративни слоеви материали, азбестови слоеви материали (и комбинирани слоеви материали) [1], [3].

**Гетинаксът** е подходящ за електроизолационни цели в силнотоковата и слаботоковата електротехника. Механичните му свойства са със средно значение, но електроизолационните са много добри. Подходящи са за изработка на платки (фиг. 10).



**Фиг. 10.** Едностранна макетна платка от гетинакс

Гетинаксът се произвежда от специални видове натронова хартия ( $60\div 80 \text{ g/m}^2$ ), с определена попиваемост, минимално съдържание на пепел и определени якост и електрически свойства. Като свързващо вещество се употребяват фенолформалдехидни, а също и крезол-, ксилол- или анилинформалдехидни смоли. Хартиите се импрегнират или се лакират от едната страна със спиртни разтвори или водни емулсии от смола на вертикални или хоризонтални импрегнационни машини, където разтворителят се изпарява. Изсушената импрегнирана хартия се нарязва на листове, размерите на които отговарят на размера на пресата. Наслояват се между равни ламарини за пресоване, след което се пресоват в етажни преси под налягане  $10\div 15 \text{ MPa}$  и температури  $150\div 160 \text{ }^\circ\text{C}$  на плочи.

Плочите на основа слоева хартия са произвеждани в естествен цвят (жълтокафяви до червенокафяви) или черни. Повърхността им трябва да бъде равна, гладка, без измятане, без бръчки, пукнатини, замърсяване и други дефекти. Плочите са гладко нарязани в правоъгълна форма.

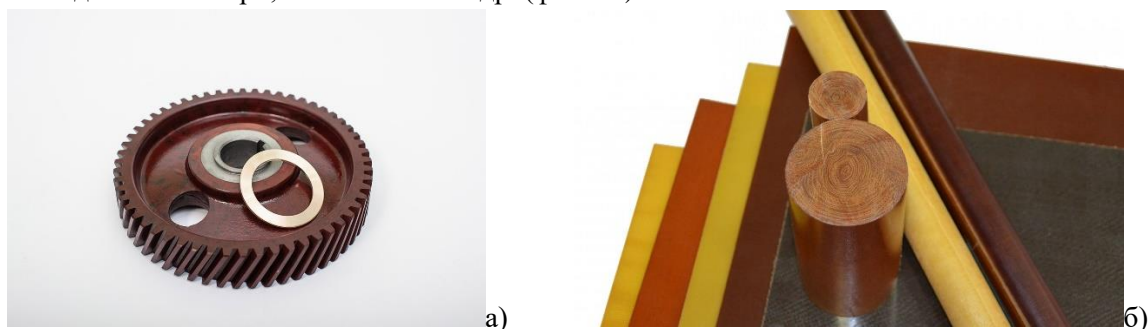
Механичните свойства на отделните качества гетинакс се различават в зависимост от състава – от количеството на свързващото вещество. Видовете съдържащи по-малко смола, притежават по-добри механични свойства от тези с по-голямо количество. За сметка на това те имат по-голяма водопоглъщаемост и по-малка топлоустойчивост в масла. Електрическите показатели са зависими от вида и количеството на смолата, а също и от технологичния производствен режим.

Химичните свойства на гетинакса са определени от неговия състав (термореактивна фенолна смола и целулоза). Той е устойчив спрямо действието на слабите киселини и основи и спрямо обикновените разтворители. Гетинаксът във формата на плочи се използва главно в електропромишлеността като изолационен материал. В силнотоковата електротехника се използва за производство на бобини, изолационни детайли в маслените трансформатори, в проходните изолатори, разклонителни включватели, стартери, траверси, биели, клемни табла,

монтажни плочи, подложки, черупки, държатели за въгленови четки, електромедицински уреди и др. В слаботоковата електротехника гетинаксът се използва като конструктивен материал за телефонни и телеграфни апарати (бобини, клеми, кутии и подложки), за радиоапарати и телевизионни съоръжения и др.).

Гетинаксът намира приложение и в останалите промишлени отрасли, например в машиностроенето за производствени съоръжения (съоръжения за кантиране, огъвачи за ламарина, щанци, шаблони за пробиване, фрезоване и моделиране), в самолетостроенето, в производството на превозни средства, на канцеларски потреби и др. Търговските наименования са: *getinax, hares, kartit, carta, pertinax, trolitax, turbonit, wagnerit* и др.

**Текстолитът** има по-лоши диелектрически свойства, но по-добри механични и по-малка водопоглъщаемост. Използва се в електропромишлеността за части, които подлежат на значително механично натоварване, в машиностроенето като конструктивен материал за производство на лагери, зъбни колела и др. (фиг. 11).



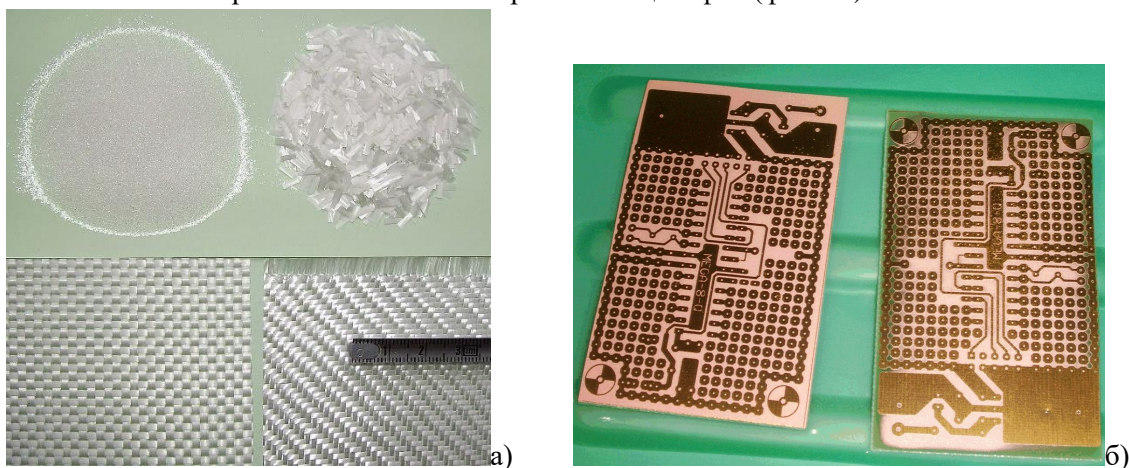
**Фиг. 11.** Текстолитово зъбно колело (а) и заготовки-полуфабрикати от текстолит (б)

Технологичният процес се провежда във вертикална импрегационно-сушилна машина. Сушенето на пропитата със смола тъкан се провежда в температурния интервал от 60 до 140 °С и налягане 10÷12 МРа. След завършване на процеса полученият текстолит се охлажда на пресата под налягане. Като пълнители се употребяват памучни или ленени тъкани, които най-често имат структурата на платното. Те имат еднакви свойства в посока на основата и на вътъка. В сравнение с гетинакса текстолитът има по-голяма якост на удар и на разслояване, по-малка якост на натиск и по-лоша електрическа якост.

Текстолитът подобно на гетинакса се използва в електротехниката като конструктивен и електроизолационен материал в случаите, където се изисква по-голяма механична якост. До голяма степен се употребява като конструктивен материал при производството на различни машинни части и части от апаратури, като се използват свойствата му с които превъзхожда металите, като малко специфично тегло, устойчивост на корозия, жилавост, плъзгащи свойства, устойчивост на одраскване и др. Така например текстолитът се използва за лагерни черупки и кутии, зъбни колела, малки зъбни колела от преводните системи, фрикционни ленти, дискове, водещи планки при съединителни гарнитури, лагерни сепаратори, уплътнителни кръгове, макари за въжета, печатарски валци, ръчни маховици, винтове, клинове и др., а също и като най-различни детайли за самолети, автомобили, лодки, инструментални, земеделски и текстилни машини и др. Търговските наименования са: *cambric, canvas, celoron, durcoton, dytron, harex, linax, novoext, turbax, textit, umatext* и др.

**Стъклотекстолитът** представлява армирана пластмаса, получена от обработени с фенолформалдехидни олигомери стъкловолакна или тъкан и след това пресована под налягане. Като свързващо вещество се използват резолни фенолформалдехидни олигомери и техни смеси с други полимери като поливинилбутирал и други полиацетали. Съдържанието на свързващото вещество в конструкционните стъклопласти е 30÷35 %, а с електротехническо предназначение

– 40÷45 %. Пресоването се извършва при налягане  $5\text{ MPa}$ , като пакетите от пропита стъклотъкан се изолират от металните повърхности с целофан (фиг. 12).



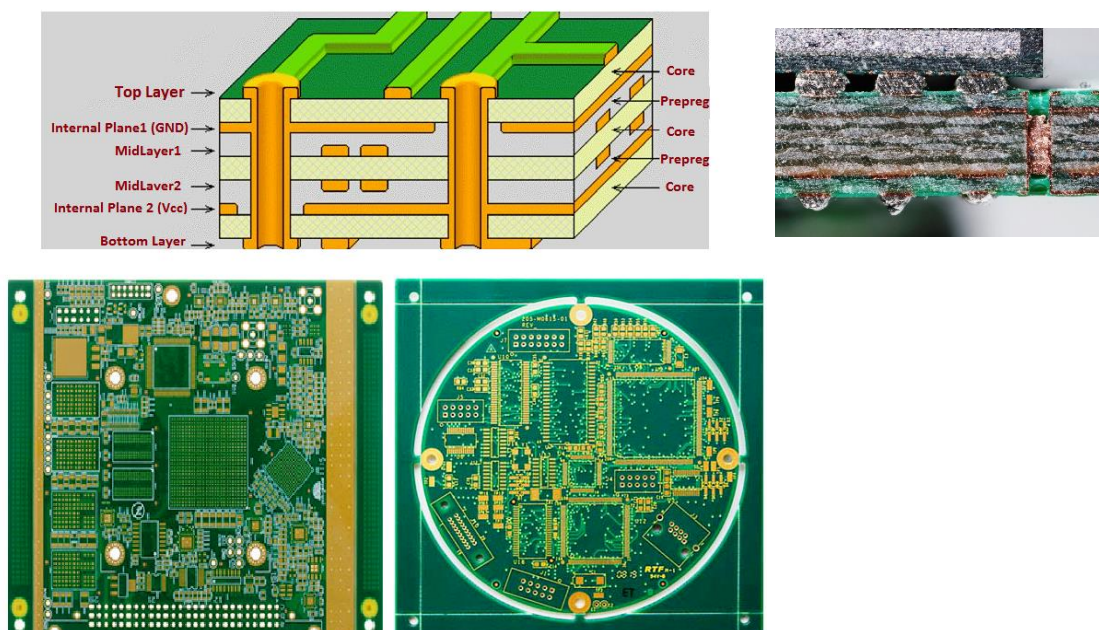
Фиг. 12. Стъклоvlakно (а) и макетна платка от стъклотекстолит (б)

В сравнение със слоестите материали на основа памучна тъкан стъклотекстолитът има по-голяма топлоустойчивост и механична якост и по-малка водопогълщаемост. Използват се и слоеви стъклопласти със свързващо вещество силиконови или полиестерни смоли. Търговски наименования са: *sklotextit* и *polytex*.

## 6. Заключение

Толкова много години след изобретението на Бакеланд, на което дължим огромна част от развитието на техниката. Много от технологиите и до сега не могат да използват други материали, освен фенолформалдехидните смоли. Снижаването на себестойността, чрез използване на нискокачествени пластмаси за електроизолатори, несъмнено е за сметка на безопасността.

Безспорно е участието на фенолформалдехидните смоли в изработването на качествени печатни платки най-вече от стъклотекстолит и гетинакс (фиг. 13).



Фиг. 13. Многослойни печатни платки

### References:

1. Andrianov, R.A., Ponomarev, Yu.E., 1987. Penoplastay na osnove fenoloformalydegidnayh polimerov, izd. Rostovskogo universiteta.
2. Bahman, A., Myuller, K., 1978. Fenoplasty. Moskva.
3. Fakirov, S., 1980. Prenebregnatite molekuli. Nauka i izkustvo, Sofiya.
4. Havlichek, V., Osten, M., Shnyuparek, Ya., 1961. Pregled na plastmasite. Tehnika, Sofiya.
5. Knop, A., Sheyb, V., 1983. Fenol'nyye smoly i materialy na ikh osnove. Himiya, Moskva.
6. URL: <http://www.c-a-m.narod.ru/index.html>