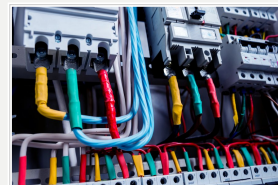
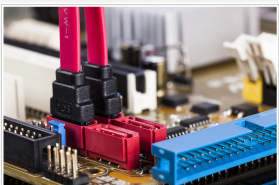




EXABLEND®

РВТ · ПОЛІБУТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ

Конструкційний термопластичний поліестер для лиття та екструзії:
ненаповнені, склонаповнені та самозагасаючі марки



01

ЗМІСТ

Інженерний довідник із добору полібутилентерефталату: властивості та межі застосування, відповідність марок Exablend® задачам деталі й параметри переробки.

- 02** Що таке ПБТ — структура та хімія
- 03** Основні переваги полімеру
- 04** Де застосовувати ПБТ
- 05** Галерея: де працює Exablend® PBT
- 06** Ризики та обмеження
- 07** Порівняння PBT з іншими інженерними пластиками
- 08** Властивості: ненаповнені марки
- 09** Властивості: склонаповнені марки + графіки
- 10** Гідроліз, вогнестійкість, трекінгостійкість
- 11** Асортимент Exablend® PBT — система марок
- 12** Матриця вибору марки
- 13** Гайд по переробці
- 14** Чому Material Wizard
- 15** Часті запитання

02

ЩО ТАКЕ ПБТ

Полібутилентерефталат
напівкристалічний поліестер

Полібутилентерефталат (ПБТ, PBT) — напівкристалічний термопластичний поліестер конструкційного класу. Він поєднує жорсткість і розмірну стабільність з надійною електроізоляцією та низькою чутливістю до вологості, що визначає його роль як опорного матеріалу точних електротехнічних і автомобільних вузлів.

Хімія та синтез

ПБТ одержують поліконденсацією: терефталева кислота (або диметилтерефталат) реагує з 1,4-бутандіолом з утворенням біс(4-гідроксибутил)терефталату, який під вакуумом при 240–270 °С полімеризується з відщепленням бутандіолу. Повторювана ланка: $-\text{O}-(\text{CH}_2)_4-\text{O}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$. Чотири метиленові групи (проти двох у ПЕТ) роблять ланцюг гнучкішим.

Чому це важливо для переробки

Гнучкий бутиленовий сегмент забезпечує вищу швидкість кристалізації за нижчих температур форми, ніж у ПЕТ. Розплав застигає швидко й рівномірно, що дає короткий цикл, відтворювану геометрію та якісну поверхню навіть на тонкостінних і складнопрофільних деталях.

Морфологія та її наслідки

Ступінь кристалічності й надмолекулярну структуру задають температура форми та режим охолодження; від них залежать усадка, теплостійкість під навантаженням (HDT) і хімічна стійкість. Тому параметри переробки входять до матеріальної специфікації, а не залишаються довільним налаштуванням машини.

≈ 223 °C

Тпл

40-50 °C

Тскл

1,30 г/см³

Густина

0,2-0,3 %

Вологопогл.

до 600 В

СТІ

НВ...V-0

UL94

03

ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ

Низьке вологопоглинання

Рівноважне 0,2–0,3 % проти 2,5–3 % у PA66. Розміри, зусилля фіксації та діелектричні параметри зберігаються без кондиціювання деталі, що дає відтворювану посадку від партії до партії.

Розмірна стабільність

Низька усадка й слабка залежність характеристик від вологості утримують допуски у вузьких полях — передумова для рознімачів, корпусів і прецизійних посадкових зон.

Швидка кристалізація, короткий цикл

Висока швидкість кристалізації за помірних температур форми скорочує цикл лиття й забезпечує повне заповнення тонких стінок без недоливів.

Стабільна електроізоляція

Питомий опір і трекінгостійкість (СТІ до 600 В) зберігаються за змінної вологості, тож електричні зазори та ізоляційна функція лишаються в розрахункових межах.

Хімічна стійкість

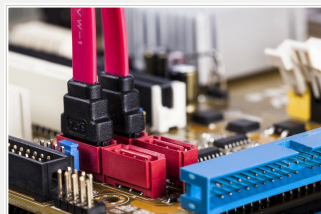
Стійкість до палив, олів, мастил, аліфатичних розчинників і слабких кислот; маса, поверхня та розміри стабільні у тривалому контакті з технічними середовищами.

Поверхня та забарвлюваність

Глибокий глянець, точне відтворення текстури прес-форми та контрастне лазерне маркування без додаткового оздоблення деталі.

04

ДЕ ЗАСТОСОВУВАТИ



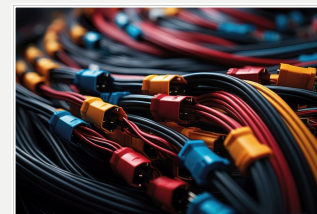
Електротехніка та електроніка

Рознімачі, клемні колодки, котушки реле, корпуси запобіжників. Визначальні тут трекінгостійкість і стабільність зазорів за вологості; у поєднанні з класами V-0 ПБТ є галузевою нормою.



Нова мобільність (EV)

Корпуси силової електроніки, високовольтні з'єднувачі батарей, зарядні модулі. Безгалогенні склонаповнені V-0 марки з GWFI 960 °C відповідають вимогам електробезпеки приводів.



Автомобілебудування

Джгути й рознімачі, патрони та безелі фар, корпуси датчиків, підкапотні елементи. Витримує вібрацію, циклічний нагрів і контакт із паливами без зміни посадки та ізоляції.

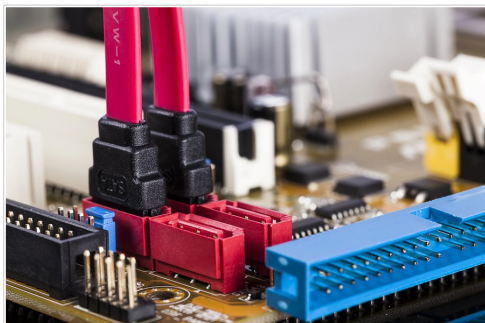


Промисловість і побут

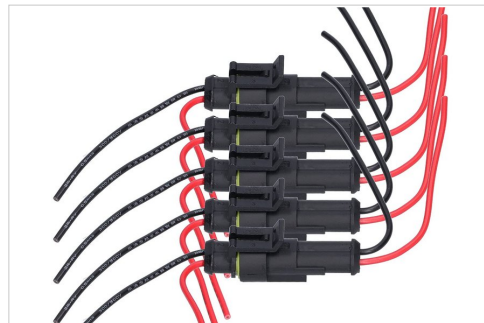
Вузли побутової техніки в зоні нагріву, перемикачі, шестерні, елементи насосів — застосування, де поєднуються теплостійкість, опір зношуванню та стабільність геометрії.

05 ДЕ ПРАЦЮЄ EXABLEND® PBT

Реальні вироби з полібутилентерефталату та відповідні марки Exablend



Рознімачі друкованих плат
PBT 3120 · GF30 3230



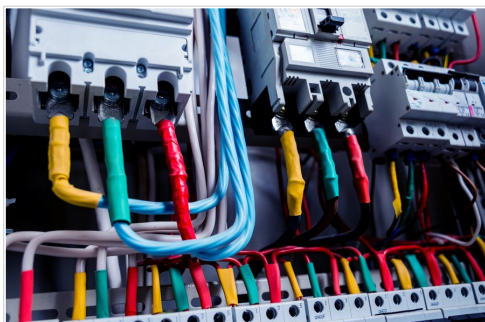
Автомобільні рознімачі
PBT GF30 3230



Кейкапи механічних клавіатур
PBT 3110 (ненаповнений)



Високовольтні EV-конектори
PBT GF30 3630 FR V-0



Клемники та автомати у щиті
PBT 3500 FR · GF30 3630 FR



Корпуси модульних автоматів
PBT 3502 / 3500 FR



Самозагасаючі рознімачі (V-0)
PBT GF30 3630 FR



Корпусні компоненти авто-аудіо
PBT GF20 3220

06

РИЗИКИ ТА ОБМЕЖЕННЯ

Де ПБТ — не найкращий вибір

Межі застосування ПБТ задані його хімією та морфологією. Урахування їх на етапі добору матеріалу обходиться дешевше, ніж виявлення проблеми у валідації прес-форми або в експлуатації.

Гідроліз у гарячій воді та парі

Складноефірні зв'язки розщеплюються водою вище ~60 °С: за тривалого контакту з гарячою водою, паром чи водно-гліколевыми сумішами падає молекулярна маса й ударна в'язкість. Рішення — гідролізостійкі марки HR з карбодіімідними стабілізаторами.

Ударна в'язкість і надрізи

Ненаповнений ПБТ має помірну ударну в'язкість, що знижується при низьких температурах — особливо нижче 0 °С і до -40...-50 °С залежно від рецептури — і чутлива до концентраторів напружень. Уникайте гострих кутів; для ударних вимог беріть ударомодифіковані або PBT/PC рецептури.

Анізотропія склонаповнених марок

Орієнтація скловолокна дає різну поздовжню/поперечну усадку й може спричинити жолоблення великих плоских деталей. Потрібен продуманий впуск і ребра жорсткості.

Луги, сильні кислоти, гаряча агресивна хімія

ПБТ не стійкий до концентрованих кислот і лугів. Для агресивних середовищ і палив при підвищених температурах розглядають POK / POM / PPS — вибір залежить від конкретного середовища, температури й часу контакту.

РІШЕННЯ ПІД РИЗИК

Гідроліз, гаряча вода

→ серія HR

Удар, мороз

→ PBT/PC, ударомодиф.

Жолоблення

→ GB — склокульки

Агресивна хімія

→ POK / POM / PPS — за середовищем

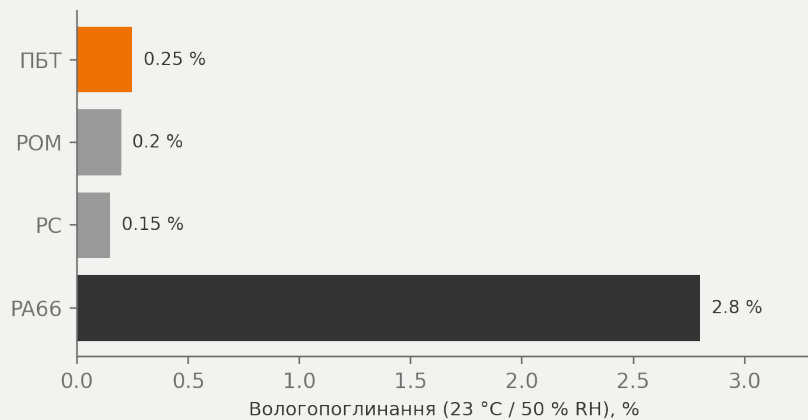
07

ПОРІВНЯННЯ PBT

з іншими інженерними
пластиками

Матеріал	Вологопоглин., %	Розмірна стабільн.	T плавл., °C	HDT 1,8 МПа, °C база / GF30	Ударна в'язкість	Стійк. до палив/олій	СТІ, В	Переробка
PBT (PBT)	0,2-0,3	відмінна	≈223	60 / 210	помірна	добра	550-600	легка, кор. цикл
PA66	2,5-3,0	помірна*	≈260	80 / 250	висока	добра	600	сушіння, ↑T
PC	0,15	відмінна	аморф.	130 / —	дуже висока	слабка	≈250	сушіння
POM	0,2	добра	165-175	100 / 160	добра	відмінна	600	легка

HDT наведено для базової та 30 %-скловолоконної (GF30) версії: армування різко піднімає теплостійкість.



Вологопоглинання — ключова перевага PBT

PBT поглинає на порядок менше вологи, ніж PA66, тому зберігає розміри та діелектрику в умовах змінної вологості.

* PA66 чутливий до вологості: розміри й діелектрика зміщуються з вологопоглинанням.

08

ВЛАСТИВОСТІ

Ненаповнені та гідролізостійкі марки

Марка Exablend	Густина г/см ³	MVR см ³ /10хв	Міцн. розрив МПа	Модуль ГПа	Подовж. %	HDT 0,45 °C	СТІ В	UL 94
PBT 3100	1,30	45	60	2,6	30	135	550	HB
PBT 3110	1,30	20	60	2,7	15	180	550	HB
PBT 3120	1,30	10	60	2,7	>50	180	550	HB
PBT 3110 HR	1,30	14	55	2,7	25	150	220	HB
PBT 3120 HR	1,30	12	55	2,7	>50	180	200	HB

Логіка серії 31xx

3100 — легкоплавна ливарна (швидке заповнення тонких стінок) · 3110 — середньов'язка ливарна (універсальна) · 3120 — високов'язка екструзійна (профілі, оптокабель). Індекс HR — підвищена стійкість до гідролізу; усі марки доступні у виконанні LN (з мастилом + нуклеатором).

ІНЖЕНЕРНИЙ КОМЕНТАР

Ненаповнені марки рідко є кінцевим конструкційним рішенням: теплостійкість під навантаженням (HDT 1,8 МПа ≈ 60 °C) обмежує їх у несучих вузлах. Їхня ніша — гнучкі та ударно-нечутливі деталі, електроізоляція, екструзія й основа під армування. Для навантажених елементів переходять до склонаповнених серій 32xx.

Типові значення на стандартних зразках. Методи: ISO 527 · ISO 178 · ISO 179 · ISO 75 · ISO 1133 · ISO 1183 · IEC 60112 · UL 94 (товщина зразка — у TDS). Точні значення кожної марки — у відповідному TDS (Technical Data Sheet).

09

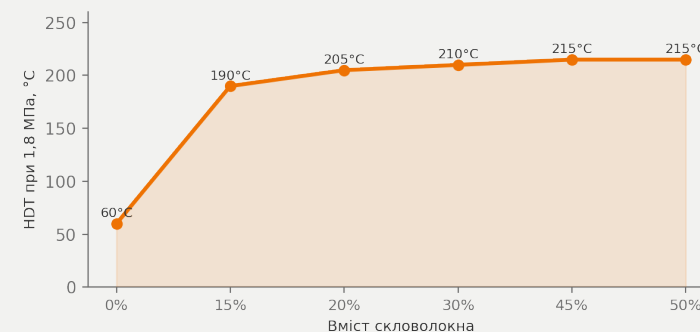
СКЛОНАПОВ- НЕНІ МАРКИ

Скловолокно (GF)
та склокульки (GB)

Марка Exablend	Густина г/см ³	Міцн. розрив МПа	Модуль ГПа	Подовж. %	Charpy кДж/м ²	HDT 1,8 °C	Усадка %
PBT GF15 3215	1,42	95	6,0	4,0	5,5	190	0,60
PBT GF20 3220	1,46	110	7,5	3,0	7,5	205	0,60
PBT GF30 3230	1,52	135	9,5	2,5	11,0	210	0,35
PBT GF45 3245	1,70	160	14,5	2,0	13,0	215	0,30
PBT GF50 3250	1,73	165	16,0	2,0	15,0	215	0,30
PBT GB30 3330	1,52	50	4,5	4,5	3,0	95	1,60

GB (склокульки): ізотропніша усадка й менше жолоблення; абсолютна усадка може бути вищою, ніж у GF.

Типові значення на стандартних зразках. Методи: ISO 527 · ISO 178 · ISO 179 · ISO 75 · ISO 1133 · ISO 1183 · IEC 60112 · UL 94 (товщина зразка — у TDS). Точні значення кожної марки — у відповідному TDS (Technical Data Sheet).



10

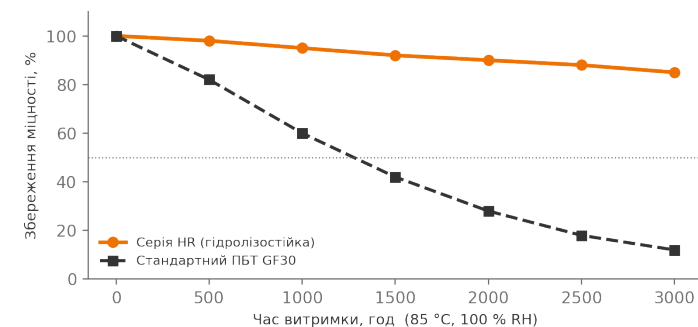
ГІДРОЛІЗ · ВОГНЕСТІЙК.

Стійкість до гідролізу (серія HR)

Гідроліз — розрив макромолекул водою при підвищених температурах: незворотна втрата молекулярної маси й в'язкості, яку не відновлює сушіння. Марки Exablend HR блокують кінцеві карбоксильні групи й суттєво подовжують ресурс у контакті з гарячою водою, паром та водно-гліколевими сумішами.

Вогнестійкість (самозагасаючі марки)

Доступні безгалогенні FR-рецептури з класами V-2/V-0 за UL 94 (IEC 60695-11-10) на заданій товщині зразка; точний клас і товщина фіксуються у TDS/сертифікаті. GWFI 960 °C і CTI понад 600 В роблять їх придатними для струмопровідних деталей; клас-аналоги — Pocan, Crastin FR, Ultradur, Valox, Arnite.

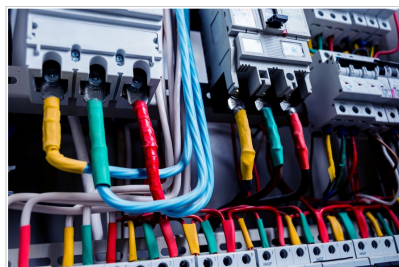


Збереження міцності за прискореного старіння

Стандартний ПБТ GF30 втрачає >50 % міцності вже за ~1300 год; марка серії HR зберігає ~85 % після 3000 год (85 °C, 100 % RH).

ЕМІ-екранування (сталеволокно SF)

Марки зі сталевим волокном забезпечують електромагнітне екранування корпусів електроніки; доступні у вогнестійкому виконанні V-0.



Електроцит: клемники та автомати — FR-серія Exablend

11

АСОРТИМЕНТ EXABLEND® PBT

Система марок: серія + номер

Логіка коду марки:

Exablend PBT [GFxx — наповнювач] + 4-значний код серії + суфікс (HR · V-0 · HI · LN).

Серії: 31xx ненаповнені · 32xx скловолокно · 33xx склокульки · 34xx сталеволокно · 35xx–36xx самозагасаючі (FR).

СЕРІЯ 31xx — НЕНАПОВНЕНІ

Марка Exablend	Наповнення	Призначення / особливості
PBT 3100	—	Легкоплинна ливарна, тонкостінні деталі
PBT 3110	—	Середньов'язка ливарна, універсальна
PBT 3120	—	Високов'язка екструзійна (профіль, оптокабель)
PBT 3110 HR / 3120 HR	—	Підвищена стійкість до гідролізу

СЕРІЯ 32xx–34xx — СКЛОНАПОВНЕНІ ТА СПЕЦ.

Марка Exablend	Наповнення	Призначення / особливості
PBT GF15...GF50 32xx	скловолокно 15–50 %	Жорсткість, теплостійкість, стабільність розмірів
PBT GB20 / GB30 33xx	склокульки 20–30 %	Ізотропніша усадка, менше жолоблення (абс. усадка може бути ↑ за GF)
PBT GF15/GF30 32xx HR	скло + HR	Армування + стійкість до гідролізу
PBT SF10 3410	сталеволокно 10 %	EMI-екранування корпусів електроніки

СЕРІЯ 35xx–36xx — САМОЗАГАСАЮЧІ (FR)

Марка Exablend	Наповнення	Призначення / особливості
PBT 3502 FR / 3500 FR	безгалогенний	Ненаповнені, V-2 / V-0 UL94, GWFI 960 °C
PBT 3500 FR HI	безгалогенний	V-0, підвищена ударна в'язкість
PBT GF30 3630 FR / FR HI	скло 30 % + FR	V-0, конструкційний (аналог GF30-W3201)
PBT SF10 3610 FR	сталеволокно + FR	V-0 + EMI-екранування

Кожній серії відповідають OEM-аналоги (Pocan, Crastin, Ultradur, Valox, Arnite); проміжні рівні наповнення та спеціальні рецептури — під специфікацію замовника. Вміст скловолокна доступний від 10 % до 60 %; ливарні марки — у легкоплинному та середньов'язкому виконанні. Широка гама кольорів і марки для контакту з харчовими продуктами — на замовлення.

12

МАТРИЦЯ ВИБОРУ МАРКИ

Задача → серія → чому → що перевірити

Задача / умова	Рекоменд. серія	Чому саме вона	Що перевірити
Тонкостінні конектори, швидке лиття	PBT 3100 · GF30 3230	Плинність + жорсткість, високий СТІ	Довжину потоку, лінії спаю, горючість
Корпус автомата / реле, клас V-0	3500 FR · GF30 3630 FR	Безгалогенний V-0, GWFI 960 °C, СТІ 600	Товщину для V-0, СТІ під компоновку
Високовольтний EV-конектор	GF30 3630 FR	V-0 + механіка + стабільні зазори	СТІ, колір, термостаріння
Гаряча волога середовище / пара	3110 HR · GF30 3230 HR	Стабілізація проти гідролізу	Робочу t° і тривалість контакту
Мінімальне жолоблення деталі	GB20 / GB30 (33xx)	Ізотропніша усадка, менше жолоблення	Абс. усадку (може ↑ за GF), впуск
EMI-екранування корпусу	SF10 3410 · 3610 FR	Сталево волокно — електромагн. екран	Ефективність екрана, заземлення
Макс. жорсткість і теплостійкість	GF45 3245 · GF50 3250	Високий модуль, HDT до 215 °C	Анізотропію, абразивність форми
Екструзія профілю / оптокабель	PBT 3120 (X)	Висока в'язкість розплаву	Стабільність розміру, провисання
Загальне лиття, без спецвимог	PBT 3110	Баланс властивостей і ціни	Стандартне сушіння перед литтям

ЛОГІКА ДОБОРУ

Спочатку фіксують домінуючий ризик відмови вузла, потім — серію. Дві-три марки звужують до фінальної на випробуваннях реальної деталі.

Таблиця задає напрям добору; остаточно марку фіксують за результатами випробувань на фактичній геометрії деталі та режимі переробки. Для нетипових поєднань середовища, температури й навантаження рецептуру верифікують під конкретний вузол.

13

ГАЙД ПО ПЕРЕРОБЦІ

Параметр	Ненаповнені	Склонаповнені
Сушіння	120-140 °C, 3-4 год	120-140 °C, 4-6 год
Залишкова волога	< 0,04 %	< 0,04 %
Точка роси сушарки	-30...-40 °C	-30...-40 °C
T розплаву	240-270 °C	250-290 °C
T форми	40-80 °C	60-120 °C
Час перебування розплаву	< 5-8 хв	< 5-8 хв
Усадка (поздовж.)	1,3-2,0 %	0,3-0,6 %
Тиск підпору	низький	низький-середній
Повторне подрібнення	до 20 %	до 15 %

Ключові правила

- Сушити до залишкової вологи < 0,04 %; цільова точка роси осушувача -30...-40 °C (залежить від типу осушувача). Недосушений ПБТ гідролізує в циліндрі — в'язкість і міцність падають ще до впорскування.
- Час перебування розплаву тримайте коротким (орієнтовно < 5-8 хв): на занадто великій для виробу машині перегрів і застій дають термодеструкцію, темні включення й нестабільну серію.
- Температура форми (особливо для GF) керує кристалізацією, усадкою й поверхнею; занизька — внутрішні напруження й нестабільний розмір.
- Тонкі стінки — легкоплинні 3100; екструзія профілю й кабелю — високов'язкі 3120.

ГОЛОВНЕ

РВТ найжорсткіше карає залишкову вологу й перегрів: сушіння до точки роси -30...-40 °C і короткий час у розплаві важливіші за тиск та швидкість упорскування.

14

ЧОМУ MATERIAL WIZARD

Добір і виробництво PBT під конкретний вузол

Матеріал визначає ресурс деталі, тому добір марки ведемо від умов експлуатації вузла: середовища, навантажень, температурного режиму та допусків. Рецептуру Exablend® PBT адаптуємо під задачу й супроводжуємо від першого пробного лиття до стабільної серії.

Підбір рецептури під деталь

Властивості під вашу геометрію, навантаження та умови експлуатації.

Модифікації FR / HR / GF / GB / SF

Вогнестійкість, гідроліз, армування, антижолоблення, ЕМІ-екранування.

Зразки та TDS на запит

Технічні специфікації й матеріал для ваших випробувань.

Контроль якості партії

Стабільність характеристик і повторюваність від партії до партії.

Кастомний колір

Відтворення за RAL або зразком зі стабільністю від партії до партії.

Перехід з PA66, POM, PC, PET

Підбір PBT-аналога з перерахунком конструкції та режимів лиття.

Технічне супроводження запуску

Допомога з режимами лиття, прес-формою та усуненням дефектів.

Адаптація під вашу деталь

Доопрацювання рецептури за результатами випробувань зразків.

15

ЧАСТІ ЗАПИТАННЯ

Коли обрати ПБТ замість поліаміду?

Якщо потрібні стабільні розміри й діелектрика незалежно від вологості, відсутність кондиціювання деталей, краща забарвлюваність — ПБТ виграє у PA6/PA66 у вологих середовищах і прецизійній електротехніці.

Чому ПБТ майже завжди армують склом?

Ненаповнений ПБТ має помірну жорсткість і теплостійкість (HDT 1,8 МПа \approx 60 °C). 30 % скла піднімають модуль у \sim 3,5 раза, міцність — удвічі, HDT — до 210 °C.

Чи можна ПБТ у контакті з гарячою водою?

Стандартний ПБТ деградує понад \sim 60 °C у воді/парі. Для таких умов беріть марки серії HR (гідролізостійкі).

Що дає виконання LN?

Lubricated & Nucleated: мастило покращує плинність і знімання з форми, нуклеатор прискорює й уніфікує кристалізацію — кращий цикл і стабільніша поверхня.

ПБТ чи ПЕТ?

ПБТ кристалізується швидше за нижчих температур форми — простіше й продуктивніше у литті. Армований ПЕТ дає вищу теплостійкість, але вимогливіший до переробки.

Наскільки горючий ПБТ?

Базові марки — клас HB. Для V-0/V-2 за UL 94 існують безгалогенні самозагасаючі марки FR (серії 35xx/36xx) з GWFI 960 °C.



www.materialwizard.com.ua

EXABLEND® PBT

Інженерний поліестер для точних електротехнічних і конструкційних вузлів.

Ненаповнені · склонаповнені · самозагасаючі марки для лиття та екструзії

КОНТАКТИ

+38 050 323-23-21

yekimov@gmail.com

materialwizard.com.ua

Україна, Хмельницька обл., м. Деражня, вул. Промислова 22/2

