

УДК 621.923

**ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПОЛІМЕРНО-АБРАЗИВНОГО ВОЛОКНА**

**Ю.Д. Абрашкевич, проф., д.т.н., Г.М. Мачишин, асист., к.т.н.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури**

*Анотація.* Розглянуто процес дослідження полімерних матеріалів з подальшим створенням полімерно-абразивного волокна та його випробуванням для підтвердження правильності вибору полімеру та абразивного зерна.

*Ключові слова:* полімер, абразивне зерно, наповнювач, волокно, екструдер.

**ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНО-АБРАЗИВНОГО ВОЛОКНА**

**Ю.Д. Абрашкевич, проф., д.т.н., Г.Н. Мачишин, ассист., к.т.н.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры**

*Аннотация.* Рассмотрен процесс исследования полимерных материалов с последующим созданием полимерно-абразивного волокна и его испытанием для подтверждения правильности выбора полимера и абразивного зерна.

*Ключевые слова:* полимер, абразивное зерно, наполнитель, волокно, экструдер.

**TECHNOLOGY OF POLYMER-ABRASIVE FIBER MANUFACTURING**

**Yu. Abrashkevich, Prof., D. Sc. (Eng.), G. Machishin, T. Asst., Cand. Sc. (Eng.),  
Kyiv National University of Construction and Architecture**

*Abstract.* The process of research of polymeric materials with the subsequent creation of polymer-abrasive fiber and its testing to prove the right choice of the polymer and abrasive grain has been considered in the article.

*Key words:* polymer, abrasive grain, filler, fiber, extruder.

**Вступ**

Велике різноманіття зачисних, шліфувальних і полірувальних операцій, які виконуються в наш час у різноманітних галузях промисловості, все частіше потребує поєднання еластичності інструмента з його високою абразивністю і дуже вузьким діапазоном потрібної чистоти та якості поверхні. Перерахованим вимогам у деякій мірі відповідає еластичний щітковий інструмент, в зону роботи якого подається пастоподібний абразив. Для підвищення якості роботи, універсальності інструменту та чистоти об'єкта обробки доцільно вводити абразивний матеріал у масу самих волокон, із яких виготовлений власне щітковий інструмент.

Для створення нового високоеластичного абразивного інструмента – полімерно-абразивної щітки (ПАЩ) – необхідно розробити технологію отримання самих полімерно-абразивних волокон з подальшим складанням дискових і циліндричних щіток, їх випробуванням та визначенням раціональних режимів роботи.

**Аналіз публікацій**

Аналіз патентних та інших джерел з ретроспективністю до 20 років щодо таких країн, як Великобританія, Германія, США, Росія, Франція, Японія, показав, що склад і спосіб виготовлення ПАЩ є секретом фірм, а вся доступна інформація зводиться до прайсів із

значенням габаритних розмірів та цін на щітки.

Встановлено, що провідними фірмами, які виготовляють полімерно-абразивне волокно, є фірми «Nybrid» (Великобританія), «Duron» (США), які на цей час є монопольними виробниками вказаного продукту на західному ринку. Основою для щіткового інструменту є композиційний матеріал із волокнуотворювального полімеру, в масу якого при формуванні з нього волокна вводиться абразивний матеріал. Такий спосіб отримання абразивних волокон з невеликими відмінностями описано в патентах Великобританії, Франції, Росії, України, Німеччини [1].

Найбільшими фірмами-виробниками щіткових інструментів на основі полімерно-абразивних волокон протягом останніх 20 років є фірми «WÖHLER Brush Tech GmbH», «Kullen Mez», та «Osborn» [2, 3, 4]. Найбільший асортимент як за конструкцією, так і за характеристиками самого волокна складають дискові та циліндричні щітки. Менш різноманітними та вживаними при вузькоспеціалізованих видах робіт є круглі торцеві щітки.

Попередній аналіз зазначає такі відмітні властивості щіткового інструменту на основі полімерно-абразивних волокон: універсальність при виконанні робіт з очищення різноманітних поверхонь від іржі, окалин, фарби, бруду (останнє досягається успішним поєднанням в щітках високої еластичності самого волокна, яка дозволяє виконувати обробку профільованих поверхонь, з великою твердістю та гостротою абразивного зерна, закріпленого в полімерній матриці у волокна); самогострюваність інструменту подібно до абразивних кругів на твердих зв'язках; самоочищення волокон щітки від частинок матеріалу, що видаляються у процесі обробки; здатність працювати як без змащувально-охолоджуючих рідин (ЗОР), так і з їх використанням; практично виключена при роботі небезпека биття та дисбалансу протягом всього терміну експлуатації полімерно-абразивної щітки.

Із областей застосування ПАЩ, за інформацією виробників та споживачів, заслуговують на увагу такі: деталь загартована або виготовлена з дуже в'язкого матеріалу; складнопрофільні деталі, силова дія на які може призвести до пошкоджень та зміни кромки і тонкого рельєфу деталі; деталі, об-

робка яких іншим інструментом може призвести до корозії внаслідок незначного перегріву їх поверхні; видалення забруднень, старих захисних покриттів, що виключає зміну шорсткості поверхні деталі; видалення мікрорадирок, притуплення гострих кромки, утворених лезовим і твердим абразивним інструментом; рівномірна обробка складнопрофільних деталей на глибину 0,2–0,25 мкм; видалення тонкої та твердої й в'язкої плівки окиснення на різноманітних металах; деталі, які повинні остаточно оброблятися на одній технологічній лінії, причому необхідно виключити ймовірність засмічування установки та деталі залишками шліфувального інструмента або матеріалу.

### Мета і постановка завдання

Отже, в результаті аналізу різноманітних композицій на основі волокнуотворювальних полімерів із вмістом в їх масі до 60 % наповнювачів (фарбників, термостабілізаторів, антифрикційних матеріалів і ін.) встановлено, що в наш час добре відпрацьовані теорії та технології отримання композитів, в яких величина фракції наповнювача становить менше 1/50 діаметра волокна. Для отримання еластичного і з доброю абразивною здатністю волокна вказане співвідношення є достатньо малим. З метою підвищення відносної крупності фракції абразивного зерна у волокні, оптимізації ступеня наповнення, а також геометричних і експлуатаційних характеристик були розглянуті основні для поставлених цілей властивості волокон, а саме: модуль пружності полімерного матеріалу, межа міцності, розривна міцність, теплостійкість, здатність до утримання наповнювача в полімерній матриці.

Модуль пружності, який визначає статичну жорсткість волокна, характеризує його властивість передавати поверхні, яка підлягає оброблянню, прикладене до щітки зусилля. Розривна міцність волокон корелює з межею витривалості й теплостійкістю і, в кінцевому підсумку, визначає експлуатаційні та режимні параметри обробки поверхонь щіткою.

### Технологія виготовлення полімерно-абразивного волокна

У процесі досліджень як наповнювачі були використані електрокорунд, карбід кремнію та карбід бору зернистістю M10...16 з величиною малої осі гранул відповідно

10–160 мкм. Як полімерна матриця досліджувались волоконотворювальні полімери: поліетилен ВД П-2006-В та П-2035-Т, поліпропілен ПП-4, полівінілхлорид ПВХ-ЛЗ та поліамід-6 [5].

Спочатку визначалась можливість використання для отримання композиційних волокон черв'ячних екструдерів, які широко використовуються в хімічній та легкій галузях промисловості, зі співвідношенням довжини черв'яка до його діаметра 25:1 (рис. 1).

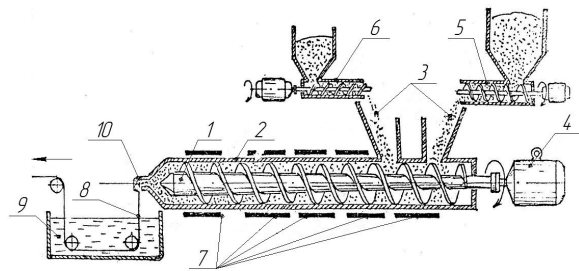


Рис. 1. Схема отримання наповнених абразивним зерном полімерних волокон на одноструменевому екструдері: 1 – черв'як; 2 – гільза; 3 – завантажувальна горловина; 4 – мотор-редуктор; 5 – дозатор полімеру; 6 – дозатор абразивного зерна; 7 – нагрівальні елементи; 8 – полімерно-абразивне волокно; 9 – ванна охолодження; 10 – фільтр

За наведеною схемою (рис. 1) гранули полімеру та абразивне зерно подаються в завантажувальну горловину 3 за допомогою шнекових живильників 5 та 6 – кожен зі свого роздавального бункера. Шляхом встановлення різних фільтрів 10 отримувались волокна діаметром 0,8–3 мм за швидкостей виходу відповідно 0,25–0,02 м/с. Температура в робочій зоні вздовж усього черв'яка підтримується в заданих межах за допомогою терморегулятора РТ-049. Було встановлено, що нерівномірність наповнення полімерного волокна при вмісті в ньому абразиву 10–15 мас. % досягала 60 %, а обривання волокна при формуванні складало 35–45 г<sup>-1</sup> для поліетилену і поліпропілену та 80–95 г<sup>-1</sup> – для поліаміду. Крім того, отримання поліамідного волокна, яке містить абразив, можливе лише при подачі у завантажувальну горловину екструдера попередньо дегідратованих гранул полімеру. Отримані волокна досліджувались на міцність від утоми (рис. 2) та розривну міцність (рис. 3), а також на статичну теплостійкість (рис. 4).

Із наведених даних видно, що з матеріалів, які випробовувалися, найбільшою межею міцності на втому володіє поліпропілен ПП-4, але його теплостійкість  $T_{1,кр.}=443$  К, що значно нижче теплостійкості поліаміду П-6 ( $T_{к.кр.}=493$  К).

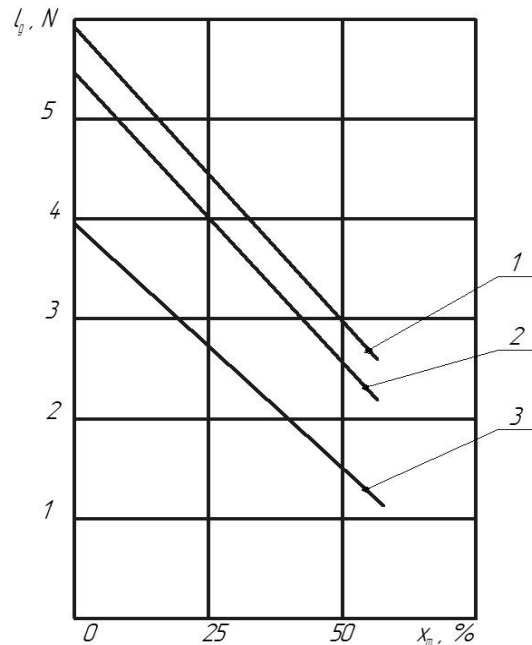


Рис. 2. Залежність межі міцності на втому різних волокон (кількість циклів перегинань)  $N$  від масового вмісту в них абразиву: 1 – поліпропілен ПП-4; 2 – поліамід П-6; 3 – поліетилен П-2006-В

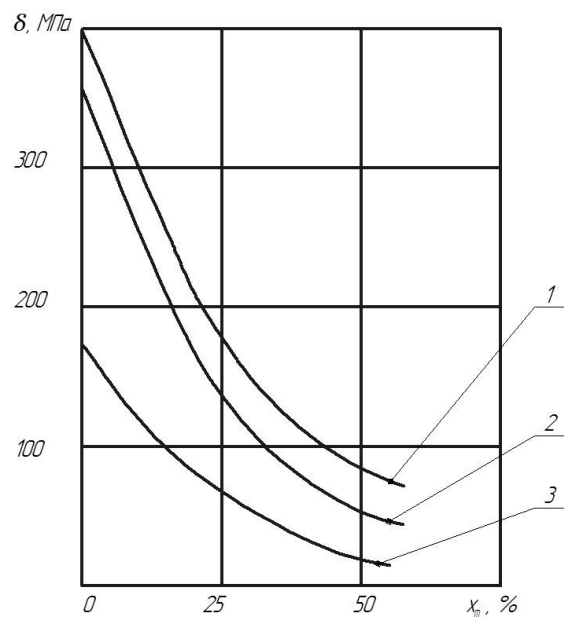


Рис. 3. Залежності розривної міцності різних волокон  $\delta$  від масового вмісту в них абразиву: 1 – поліамід П-6; 2 – поліпропілен ПП-4; 3 – поліетилен П-2006-В

Висока фібриляція волокна (мала поперечна «зшивка» довгих молекул) призводить до поганого утримання зерен абразиву та значного випадіння їх як з робочого торця волокна, так і в місцях перегину. Поліетилен також має подібний недолік, але володіє ще меншою теплостійкістю. Враховуючи вищевказане, як полімерну основу для отримання абразивних волокон було обрано поліамід П-6.

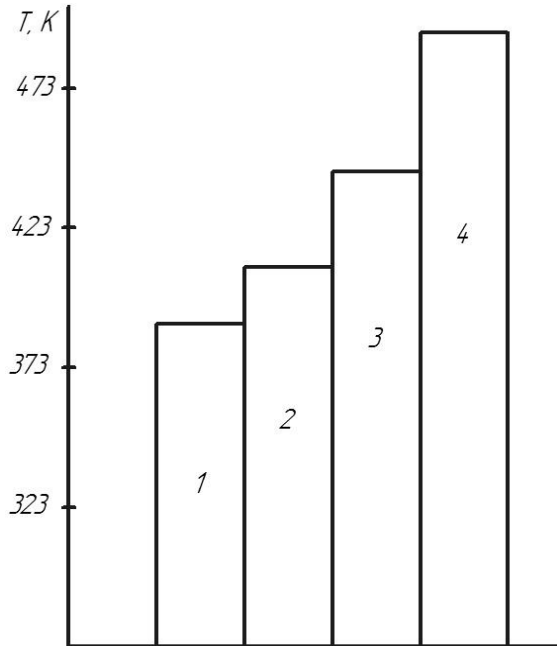


Рис. 4. Термостійкість різних полімерних волокон: 1 – поліетилен П-2006-В; 2 – поліетилен П-2035-Т; 3 – поліпропілен ПП-4; 4 – поліамід П-6

У ході досліджень були встановлені вихідні технічні вимоги до технологічного обладнання для отримання полімерно-абразивного волокна, які включають такі положення:

- обладнання повинно переробляти гранульований поліамід та забезпечувати повну дегідратацію гранул при вмісті вологи в останніх до 5 %;
- обладнання повинно забезпечувати дозоване введення в розплав полімеру абразивного зерна (електрокорунд, карбід кремнію) з величиною фракції 60–160 мкм та рівномірний його розподіл у композиції за концентрації до 30 % за об'ємом;
- продуктивність обладнання – не менше 40 кг/г; наявність безступеневого регулювання продуктивності обладнання та відсоткового вмісту абразиву в композиції;
- сформоване волокно повинно бути зміцнене трикратним витягуванням;
- діаметр витягнутих волокон 0,5–1,5 мм; нерівномірність товщини волокна – не більше 10 %;
- розривна міцність одиночного волокна при 25 % наповненні абразивом – не менше 135 Н/мм;
- можливість швидкої зміни швидкозношуваних вузлів і деталей.

На основі розроблених вимог за основу технологічного обладнання було взято каскадний черв'ячно-дисковий екструдер ЕКЧД-90/200 та було скомпоновано технологічну схему отримання полімерно-абразивних волокон (рис. 5).

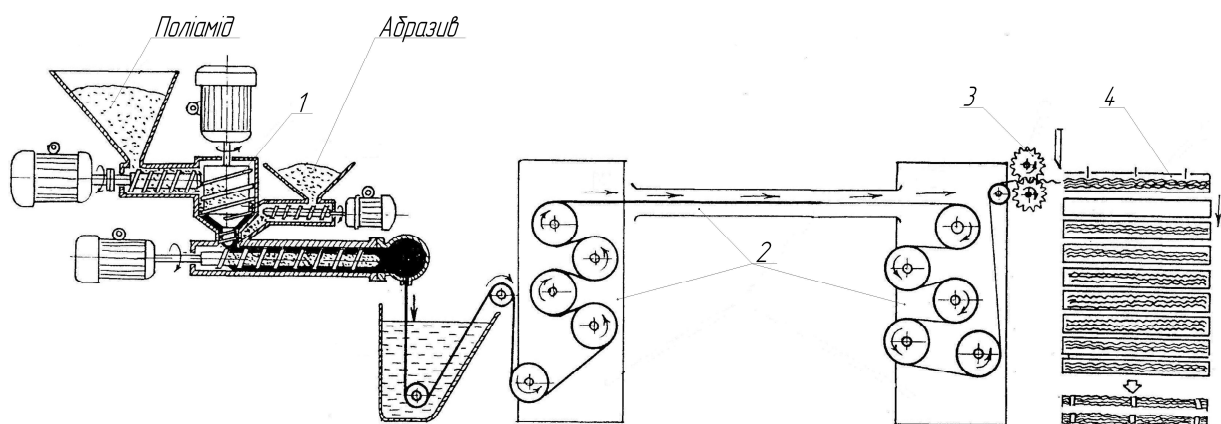


Рис. 5. Технологічна схема отримання полімерно-абразивного волокна: 1 – каскадний черв'ячно-дисковий редуктор; 2 – зміцнююча орієнтаційна витяжка волокон; 3 – гофратор; 4 – пристрій для джгутування

Взята технологічна схема виготовлення полімерно-абразивних волокон (рис. 5) передбачає таку безперервну послідовність операцій:

- екструдвання полімерно-абразивної композиції;
- формування та затвердіння волокон;
- орієнтаційно-зміцнююче витягування волокон;
- приймання та стабілізація швидкості руху орієнтованих волокон;
- гофрування волокон;
- мірне нарізування та набір волокон у джгути.

### Висновки

У ході роботи було підбрано матеріали та обладнання, що дозволяє виготовляти полімерно-абразивне волокно, яке за своїми властивостями не поступається закордонному. В подальшому буде розроблено технологічну схему складання з отриманих волокон циліндричних полімерно-абразивних щіток.

### Література

1. Могильний С.С. Патентний пошук / С.С. Могильний // Безкоштовні інтернет

ресурси. – 2016. – Режим доступу до сайту : <http://isearch.kiev.ua/uk/search-practice/searchengines/802-patent-search-sites>.

2. WÖHLER Brush Tech GmbH. Офіційний сайт фірми Wohler. – Germany, 2015. – Режим доступу до сайту: <https://bt.woehler.com>.
3. KULLEN-KOTI GmbH. Офіційний сайт фірми Kullen. – Germany, 2016. – Режим доступу до сайту: <http://www.kullen.deen/home.html>.
3. Офіційний сайт фірми Osborn / Mit uns als Erster ans Ziel: Osborn, Finish. First. – Germany, 2016. – Режим доступу: <http://www.osborn.com/de-de/home.html>.
4. Полиамид. Офіційний сайт фірми «Руст-Хим». – 2016. – Режим доступу: <http://www.poliamid.ru/>.

Рецензент: В.І. Мощенок, професор, к.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 квітня 2016 р.