

Міністерство освіти України
Дніпропетровський Інженерно-будівний
Інститут

УДК 678-419.8.677.494

На правах рукопису

КОВАЛЕНКО Віктор Олександрович

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ СТУПЕНІ РЕАЛІЗАЦІЇ
ВИХІДНОЇ МІЦНОСТІ АРАМІДНИХ ОРГАНОНАПОВНЮВАЧІВ В
КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСІВ ТИПА "КОКОН"

Спеціальність 05.02.01 - матеріалознавство в
машинобудівництві

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеню
кандидата технічних наук

Дніпропетровськ 1992 р.

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00814489 (Y)

ЛНБ України ім.В.Стефаника

ЛНБ України ім.В.Стефаника
ЛНБ України ім.В.Стефаника
ЛНБ України ім.В.Стефаника

ЛНБ України ім.В.Стефаника
ЛНБ України ім.В.Стефаника

ЛНБ України ім.В.Стефаника

ЛНБ України ім.В.Стефаника
ЛНБ України ім.В.Стефаника

ЛНБ України ім.В.Стефаника

Аб 26.356

Робота виконана в конструкторському бюро "Південне"

Науковий керівник

- доктор технічних наук,
професор САНІН Ф.П.

Офіційні опоненти

- доктор хімічних наук, професор
ПРИТИКІН Л.М.

- кандидат технічних наук
ХМЕЛОВСЬКИЙ Л.Т.

Ведуче підприємство

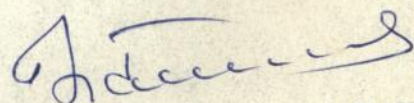
- Український науково-дослідний
інститут технології
машинобудівництва,
м.Дніпропетровськ

Захист відбудеться "14" 01 1993 року в 14 годин
на засіданні спеціальної наукової ради К068.32.03 Дніпропетровсь-
кого Інженерно-будівного Інституту за адресою: 320600,
м.Дніпропетровськ, вул.Чернишевського 24^а в залі засідань вченої
ради.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотечі Дніпропетровсь-
кого Інженерно-будівного Інституту.

Автореферат розісланий "11" 12 1992 р.

Учений секретарь
спеціалізованої Ради К 068.32.03
кандидат технічних наук



М.П.Колісник



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Розвиток сучасної техніки потребує розробки й використання нових конструкційних матеріалів, перевершуючих по своїм властивостям традиційні метали й сплави. Тому в останні роки все ширше використовується клас композиційних матеріалів (КМ) з великим діапазоном механічних, теплофізичних і технологічних властивостей. Серед таких композитів особливе місце займають матеріали на основі високоміцних органічних арамідних волокон і полімерної матриці – органокомпозити. Сполучення високих пружно-міцнісних властивостей з малою щільністю дозволяє з успіхом використовувати ці матеріали в силових оболонках конструкцій, працюючих при високому внутрішньому тиску, зокрема, корпусів РДТТ. При чому, по основному критерію ефективності виробів з органопластика значно перевершують аналогічні вироби з високоміцних легірованих сталей.

В той же час високі потенційні можливості органоволокон в конструкції реалізуються далеко не повністю – так коефіцієнт реалізації вихідної міцності при розтягу для волокон типа СВМ не перебільшує 65%, для волокон типа Армос цей показник ще нижче – 60%. Однією з причин подібного стану являється недосконалість технології виготовлення виробів з армірованих пластиків.

Ціль роботи. Проведення комплексу теоретичних і експериментальних досліджень по розробці способів підвищення ступені реалізації вихідних властивостей сумісної роботи волокна і зв'язуючого при напруженні композита, оцінки ступені пошкодження матеріалу з ростом в ньому внутрішніх напруг і пошуків шляхів зміни ступені пошкодження органопластика.

Наукова новизна. Розроблений методичний підхід, зв'язуючий ступінь реалізації вихідних міцносних властивостей органоволокон в КМ з його пошкоджуваністю в процесі навантаження. На основі запропонованого підходу проведений вибір текстильної структури арміруючого матеріалу і розроблений спосіб його модифікування, забезпечуючий підвищення реалізації міцносних властивостей волокна в конструкції.

Практична цінність. На основі досліджень по вибору текстильної структури арміруючих наповнювачів на Каменському ВО "Хімволокно" розроблена технологія виготовлення органоджгута Армос з рекомендованою текстильною структурою, дозволяючою найбільш повно реалізувати вихідні міцносні властивості волокна в конструкції типу "кокон".

Розроблений спосіб модифікації органоволокна, вмикаючий в себе його пневмообробку з одночасним апретируванням, дозволивши підвищити реалізацію вихідних властивостей волокна на 10-12%. Спосіб захищений авторським свідоцтвом і одроблений в умовах промислового виробництва органонаповнювачів на Каменському ВО "Хімволокно".

Апробація роботи. Основні положення роботи доповідалися і обговорювалися на: конференції по композиційним матеріалам Уральської ФІЛІ АН СРСР (м.Пермь 1987р.); VI Міжгалузева научно-технічна конференція (м.Міас 1989р.), XIII научно-технічна конференція молодих вчених (м.Уотьково 1989р.); Московська міжнародна конференція по композитам "МІСС-90" (м.Москва 1990р.); галузева конференція "Технологія - 90" (м.Дніпропетровськ 1990р.).

Публікації. Зміст роботи відображений в двох статтях, 15-ти науково-технічних звітах и 1-ому авторському свідоцтву.

Об'єм і структура роботи. Дисертація вмикає 131 стор. і складається з вступу, літературного огляду, 4-х глав власно досліджень, висновків і списку літератури. Робота ілюстрована 35-ю малюнками і 10-ю таблицями.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступу дисертації обґрунтована актуальність теми досліджень, зформульована ціль роботи, показана наукова новизна й практична значимість проведених досліджень.

Перша глава. Розглянуті технічні особливості процесу виготовлення органокомпозитів. На основі представленого огляду робіт по теоретичним і експериментальним дослідженням композиційних матеріалів проведений аналіз факторів, впливаючих на реалізацію вихідних міцносних властивостей органоволокна в КМ;

- фізико-хімічних процесів, протікаючих на кордоні "волокну-зв'язуюче";

- можливих способів модифікування армуючих наповнювачів;

- фізичних методів впливу на процес виготовлення композитів;

- використання різноманітних типів зв'язуючих;

- оптимізація технологічних параметрів переробки КМ;

- оптимізація текстильної структури армуючого матеріалу,

і поставлені завдання власно дослідження:

1. Розробити методологічний підхід до дослідження шляхів підвищення ступіні реалізації вихідної міцності арамідних армуючих наповнювачів в композиті.

2. Дослідити вплив текстильної структури армуючих наповнювачів на властивості і структуру композиційного матеріалу в умовах конструкції типа "кокон". Вибрати текстильну структуру, забезпечуючу максимальну реалізацію вихідних міцносних властивостей органоволокна в конструкції.

3. Провести дослідження по розробці способу попередньої підготовки поверхні волокна перед нанесенням апрета. Вибору апрета і способу його нанесення.

4. Дослідити вплив розробленого способу модифікування органоволокна на структуру і властивості КМ на його основі.

5. Забезпечити впровадження розробленого способу в умовах дослідно-промислового виробництва органоволокна і його переробки в органокомпозит.

Друга глава. Приведені характеристики матеріалів, використовуваних для проведення експериментів і обробки отриманих ланок. Представлені конструктивні схеми виробів, використаних в даній роботі для впровадження запропонованих технологічних рішень поставлених задач.

Третя глава. Посвячена розробці методологічного підходу до рішення питання про підвищення ступеня реалізації вихідної міцності органоволокна в КМ і вибору текстильної структури армуючого матеріалу.

Як відомо, при навантаженні композиційних матеріалів в останніх накопичуються мікропошкодження (розриви елементарних волокон, мікророзтріскування матриці і т.п.), учиняючи істотний вплив на несучу здатність композита. Ці пошкодження можуть бути викликані різними по природі факторами: тепловими, механічними, фізико-хімічними, причому впливають вони на матеріал як окремо, так і сумісно. Поряд з пошкодженням матеріалу в процесі навантаження мають місце і деформації композита, зв'язані з його в'язкопружними властивостями. Розглядаючи конкретно умови навантаження органокомпозита, як матеріала силової оболонки корпусів типу "Кокон" (малий час навантаження при максимальних навантажах), прийmemo наступні припущення:

1. В початковий момент часу при відсутності зовнішнього навантаження напруги рівні нулю (не враховуються виникаючі в матеріалі усадочні напруги).

2. Пошкодження накопичуються відповідно з термофлуктуаційним механізмом руйнування рівномірно по об'єму.

3. Враховуємо, що матеріал однорідний, але анізотропний.

В фізичній точці матеріалу відповідно з представленням про термофлуктуаційну природу механічного руйнування завжди відбувається два конкуруючих процеса:

- накопичення пошкоджень;
- зміцнення матеріала.

Перший процес характеризується руйнування зв'язків між молекулами, другий - відновленням цих зв'язків. В тому випадку, коли на матеріал діє тільки рівномірне поле температур, ці процеси урівноважують один одного. Причому, при підвищенні температури ця кількість росте, при зменшенні падає, але рівновага зостається. При механічному навантаженні відбувається зсув рівноваги в сторону підвищення руйнування зв'язків. В цьому випадку відбувається незворотне накопичення пошкоджень в матеріалі, що приводить до його руйнування. При розгляданні описаних процесів вельми ефективним представляється термодинамічний підхід, інтегрально оцінюючий зміни, які відбуваються в матеріалі.

Відповідно з узагальненим рівнянням Гіббса зміна внутрішньої енергії (dE) фізичної точки матеріалу може бути представлена слідуєчим образом:

$$dE = TdS + \sigma_{ij}d\epsilon_{ij} + \sum M_{\alpha\beta}dC_{\alpha\beta} \quad (1)$$

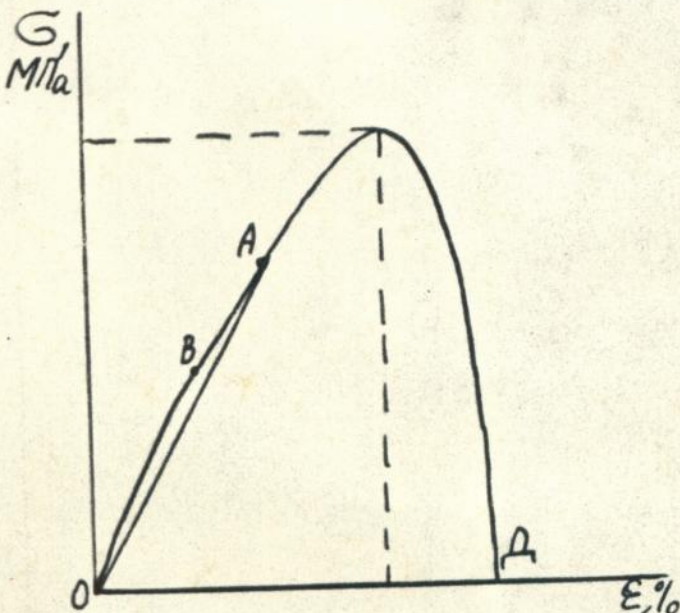
Ці рівняння справедливі у всіх частках матеріалу.

Перший член у правій частині рівняння (TdS) характеризує зміну внутрішньої енергії, зв'язку з притоком тепла, другий ($G_{ij}d\varepsilon_{ij}$) - з механічним навантаженням і останній ($M_{\alpha\beta}dC_{\alpha\beta}$) - з можливими фізико-хімічними змінами в матеріалі.

Припустивши, що дію кожного фактора можна умовно розділити на дві частини: одна частина, діючи на матеріал, звеличує його пошкодження, друга частина, деформує матеріал, його пошкодження не звеличує, відмітимо, що при руйнуванні матеріалу ентропія досягає свого граничного значення. Причому, для кожного матеріалу граничне значення ентропії буде різним. Тому за основу визначення інтегральної пошкодованості матеріалу (L) візьмемо відношення поточного значення до граничного:

$$L = \frac{S_i}{S_n} \quad (2)$$

Такий підхід дозволяє кількісно оцінити накопичення пошкоджень в матеріалі при використанні діаграми розтягу "σ-ε" органокompозита. Відповідно з прийнятим вище, пошкодження в матеріалі в точці А буде:



$$L = \frac{S_A}{S_n} \quad (3)$$

Мал. 1. Характерна діаграма "напруга-деформація" органокompозита при розтягу.

або по діаграмі пошкодження матеріалу може бути визначена відношенням площі трикутника OBA і фігури OBAD.

Після перетворень рівняння (1), а також враховуючи, що ступінь полімерізації органокомпозитів перевищує 99%, час нахождення під навантаженням - не більш декілька хвилин, а температура нагріву не перевищує 100-150°C (можливими фізико-хімічними перетворюваннями в матеріалі можна зневажити), запишемо:

$$dE = TdS_1 + G_{ij}' dE_{ij}' + \sum R_{ij} dL_{ij} \quad (4)$$

$$dL_{ij} = \frac{1}{T_2} (TdS_2 + G_{ij}'' dE_{ij}'') \quad (5)$$

де: R - деякий потенціал, характеризуючий збільшення внутрішньої енергії при елементарному акті пошкодження.

Розглянемо тепер зв'язок між отриманими рівняннями I ступіню реалізації вихідних міцносних властивостей арміруючих органоволокон в композиті.

Припустимо, що існує декілька модифікацій органоволокна, маючих ідентичні пружно-міцносні характеристики, але властивості органокомпозитів на основі цих модифікацій будуть різні, тобто різна ступінь реалізації їх пружно-міцносних властивостей в композиті (при однакових умовах навантаження). Розглянемо тепер вклад кожного члена правої частини:

- так як навантаження всіх розглядаємих модифікацій волокна буде проводитися в однакових умовах, то

$$(TdS_1)_1 = (TdS_1)_2 = \dots = (TdS_1)_n \quad (6)$$

- враховуючи, що міцність і модуль пружності всіх розглядаємих модифікацій волокна однакові, то при використанні єдиного зв'язуючого можна припустити, що

$$(G_{ij} dE_{ij})_1 = (G_{ij} dE_{ij})_2 = \dots = (G_{ij} dE_{ij})_n \quad (7)$$

- для кожної модифікації волокна значення $\sum R_{ij} dL_{ij}$ може бути різним. Враховуючи, що $R_{ij} = \text{const}$, зміна внутрішньої енергії композитів на основі різних модифікацій волокон буде визначатися величиною dL_{ij} , тобто пошкодження матеріалу.

З приведених роздумів слідує висновок, що існує прямий зв'язок між ступінню реалізації вихідних міцносних властивостей органоволокна в КМ і пошкоджуваністю матеріалу на основі цього волокна. Таким чином, для підвищення ступені реалізації необхідно розробити способи модифікування волокна, забезпечуючі його мінімальне пошкодження в процесі навантаження композита.

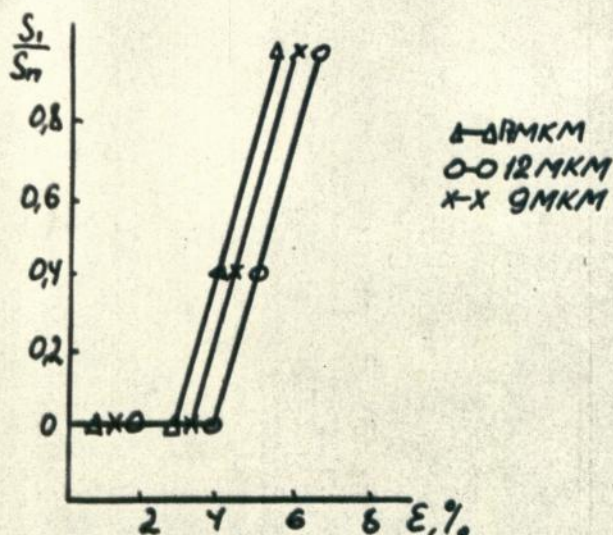
Одним з таких способів зниження пошкоджуваності КМ може бути зміна текстильної структури арміруючого матеріалу. Відомо, що основна роль зв'язуючого в композиті состоїть в тому, щоб створити можливість рівномірної передачі напруг на всі арміруючі волокна при навантаженні матеріалу, тобто в забезпеченні сумісної роботи волокон. Розглянемо, які саме параметри текстильної структури органоджутів і як впливають на взаємодію між волокнами і зв'язуючим. Одним з важливих параметрів текстильної структури арміруючого матеріалу являється діаметр елементарних волокон. Зі зменшенням діаметра волокон, з одного боку, збільшується площа контакту "волокно-зв'язуюче", що сприяє кращому перерозподілу навантажень між волокнами, з другого боку, зменшення діаметра волокон сприяє їх більшій травмуемості при пошкодженні через деталі нитетракта. Важливе значення для забезпечення контакту всіх волокон з зв'язуючим має кількість волокон в ниті, тобто лінійна щільність комплексної ниті. В реальній технології просочіння волокон відбувається в натягнутому стані і доступ зв'язуючого до волокон усередині комплексної ниті утруднений. Чим більш лінійна

щільність ниті, тим трудніше просочіння волокна усередені її зв'язуючим. З другого боку, зменшення лінійної щільності при-
водить до збільшення їх числа в джгуті, що сприяє збільшенню
різнодовжинності, і, як наслідок, зниженню коефіцієнта реалі-
зації. Тому необхідно визначити лінійну щільність ниті, при
якій можна забезпечити якісне просочіння всіх волокон зв'язую-
чим. Таким чином, структурними параметрами, визначаючими
реалізацію вихідної міцності волокна в КМ являються:

- діаметр елементарних волокон;
- лінійна щільність комплексної ниті;

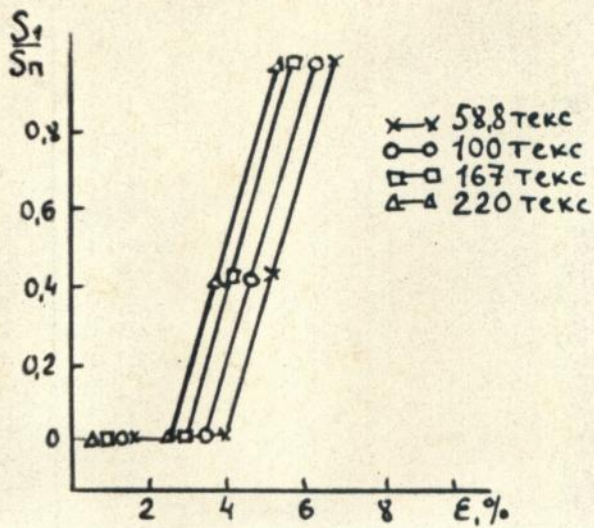
Необхідно відмітити, що поскільки органокомпозит в умовах
конструкції типа "кокон" працює при навантаженні як в осевому,
так і в радіальному напрямі, а волокна в ньому розміщуються під
кутом один до одного, досліди необхідно проводити не тільки на
односпрямованих взірцях, але і на корпусах типа "кокон", так як
остаточний вибір оптимальної структури арміруючих наповнювачів
можливий лише після вивчення сумісної роботи органонаповнюва-
чів із зв'язуючим в умовах конкретної конструкції.

Враховуючи досвід попередніх досліджень будемо варіювати
діаметр елементарних волокон в діапазоні 9-17 мкм, а лінійну
щільність нитей від 58 до 200 текс.



Мал. 2. Діаграма

"пошкодженість - дефор-
мація" для органопласт-
тиків на основі джгута
Армос з різним діамет-
ром елементарних воло-
кон.



Мал.3. Діаграма
"пошкодженість-деформація"
для органокомпозитів на
основі джгута Армос з
різною лінійною щільністю

Приведені на мал. 2,3 результати досліджень зміни пошкодженості композита в залежності від текстильної структури арміруючого матеріалу показують:

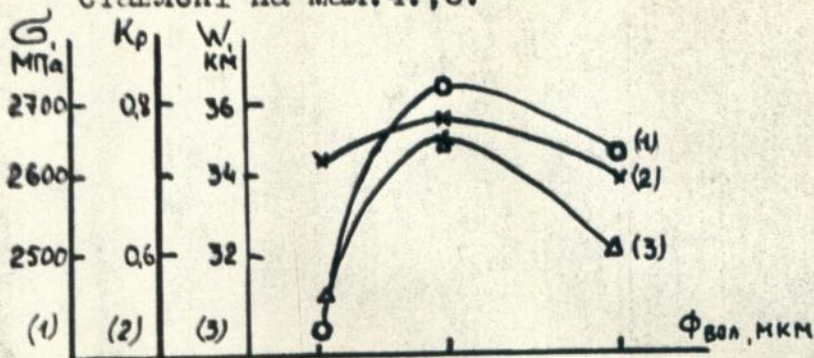
- накопичення пошкоджень в КМ на основі всіх досліджуваних модифікацій арміруючого наповнювача при напругах, близьких до руйнування ($\leq 0,8 \sigma$ розр.) при більш низьких значеннях напруг для органокомпозитів характерні пружні деформації;

- найбільше накопичення пошкоджень характерно для матеріала з більшим діаметром арміруючих волокон, що можна пояснити недостатньою площею контакту "волокно-зв'язуюче" для забезпечення зв'язуючим сумісної роботи всіх волокон. При зменшенні діаметра волокон до 12 мкм виникає зниження пошкоджуваності КМ - площа поверхні волокон стала достатньою для сприйняття і перерозподілу зв'язуючим навантажень між волокнами.

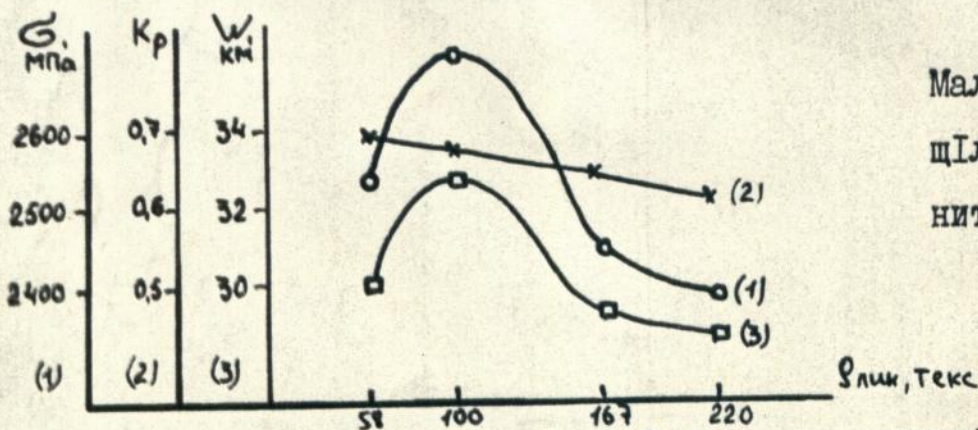
Подальше зменшення діаметра волокон вже не дає позитивного ефекту, оскільки волокна з меншим діаметром більш травмуються при переробці в КМ. При збільшенні лінійної щільності комплексної ниті пошкоджуваність КМ збільшується, що приводить до зниження реалізованої міцності волокна в КМ. Даний факт можна пояснити тим, що до волокон, перебуваючим усередині комплексної ниті, утруднений доступ зв'язуючого.

Таким чином, виходячи із результатів досліджень по пошкоджуваності КМ на основі джгута Армос різної текстильної структури можна відмітити, що мінімальною пошкоджуваністю володіє джгут Армос з діаметром елементарних волокон 12 мкм і лінійною щільністю комплексної ниті не більше 100 текс.

Дослідження впливу текстильної структури джгута Армос на властивості і структуру КМ на його основі проводилися на модельних корпусах типа "кокон" по результатам їх випробувань внутрішнім тиском до руйнування. Результати випробувань представлені на мал. 4., 5.



Мал. 4. Вплив діаметра елементарних волокон на властивості КМ.



Мал. 5. Вплив лінійної щільності комплексної ниті на властивості КМ.

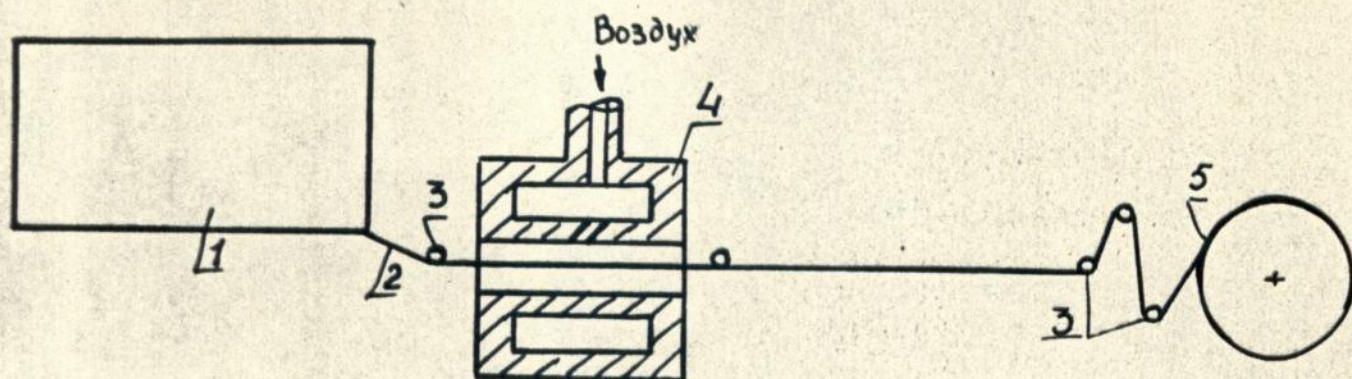
Звертає на себе увагу той факт, що основні характеристики КМ – параметр ефективності, реалізована міцність волокна і коефіцієнт реалізації вихідної міцності носять елементарний характер і досягають своїх максимальних значень при використанні армуючого матеріалу з діаметром волокон 12 мкм. В той же час з збільшенням лінійної щільності комплексної ниті відбувається зниження основних міцносних характеристик композита. Причому, з ростом лінійної щільності комплексної ниті з 58,8 до 220 текс

коефіцієнт реалізації вихідної міцності волокна зменшується практично лінійно з 0,71 до 0,6.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження впливу текстильних характеристик армуючих наповнювачів (наприкладі органоджгута Армос) на пошкодженість при навантаженні і міцності властивості композиційного матеріалу, показали, що мінімальною пошкоджуваністю і, як внаслідок, максимальними міцносними властивостями володіє армуючий матеріал з діаметром елементарних волокон 12 мкм і лінійною щільністю 58,8-100 текс.

Четверта глава. Посвячена розробці способу модифікування органоволокон. Для підвищення адгезії волокнистих наповнювачів до зв'язуючого на практиці широко використовується модифікування їх поверхні шляхом створення на поверхні розділу шару апрету. Такий шар повинен бути достатньо пластичним і міцним, щоб забезпечити релаксацію і ефективну передачу напруг між волокнами в навантаженому стані.

В теперішній час випробувано достатньо типів апретів для органоволокон і способів їх нанесення. Однак до цього часу ні один з них не знайшов широкого використання з-за недостатньо високої ефективності. Проведений аналіз показав, що основною причиною цього являється зпикання елементарних волокон в окремих місцях комплексних нитей, виникаюче внаслідок спеціальної термообробки при їх отриманні. В підсумку погіршується просочіння нитей апретом і зв'язуючим. Для усунення указаних недоліків був розроблений спосіб пневмообробки нитей в процесі їх трощіння спрямованим струменем стислого повітря в спеціальних форсунках. Принципіальна схема проведення пневмообробки нитей представлена на мал.6.



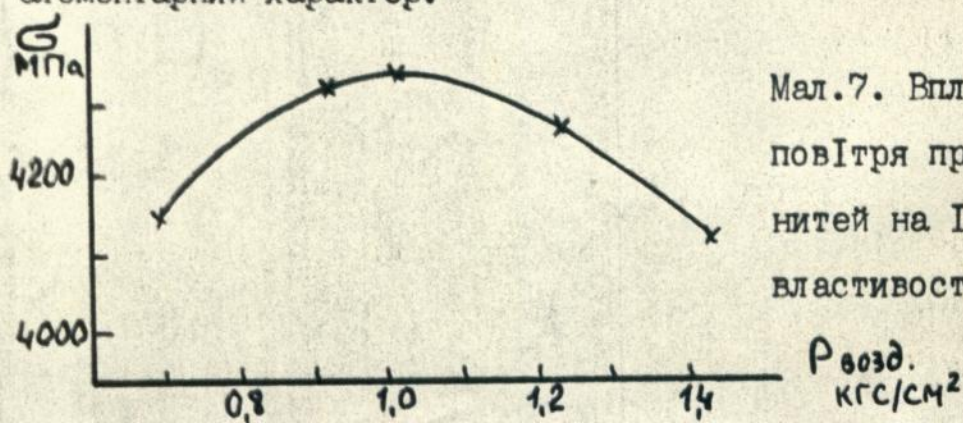
Мал.6. Принципіальна схема пневмообробки органоволокна

Обробка нитей при цьому здійснюється слідуєчим чином:

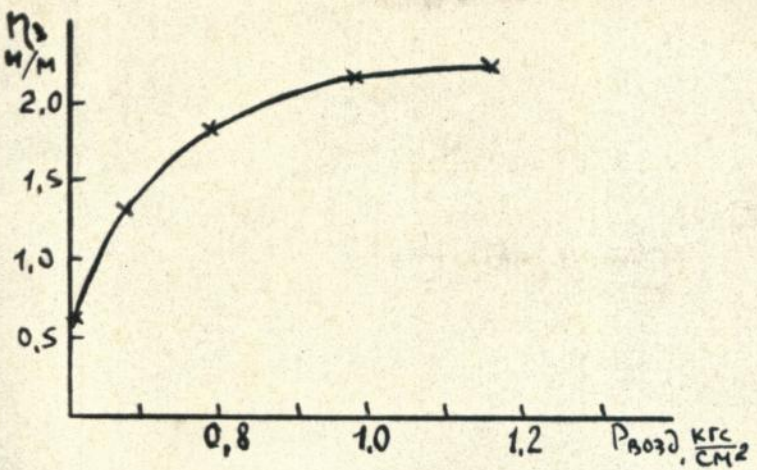
паковки з термообробленою ниттю встановлюються на шпулярнику (1) трощільної машини і протягуються через направляючі валики (3) і спеціальні пневмофорсунки (4) на прийомну шпулю (5), причому, кожна нить проходить через окрему форсунку. В процесі трощіння нитей в джгут при їх перемотці з швидкістю 150-200 м/хв і здійснюється розподіл зліпнених ділянок волокон направленим перпендикулярно руху струменем стислого повітря. При цьому здійснюється:

- розподіл зліпнених елементарних волокон;
- очистка поверхні від технологічних забруднень;
- усунення різнодовжинності елементарних волокон в ниті.

В процесі технологічної обробки способа вивчався вплив тиску стислого повітря на міцнісні властивості пневмооброблених нитей. Дані досліджень представлені на мал.7. Із аналізу приведених даних слідує, що залежність міцнісних характеристик органонаповнювачів від тиску повітря не пневмофорсунці носить елементарний характер.



Мал.7. Вплив тиску повітря при пневмообробці нитей на їх міцнісні властивості



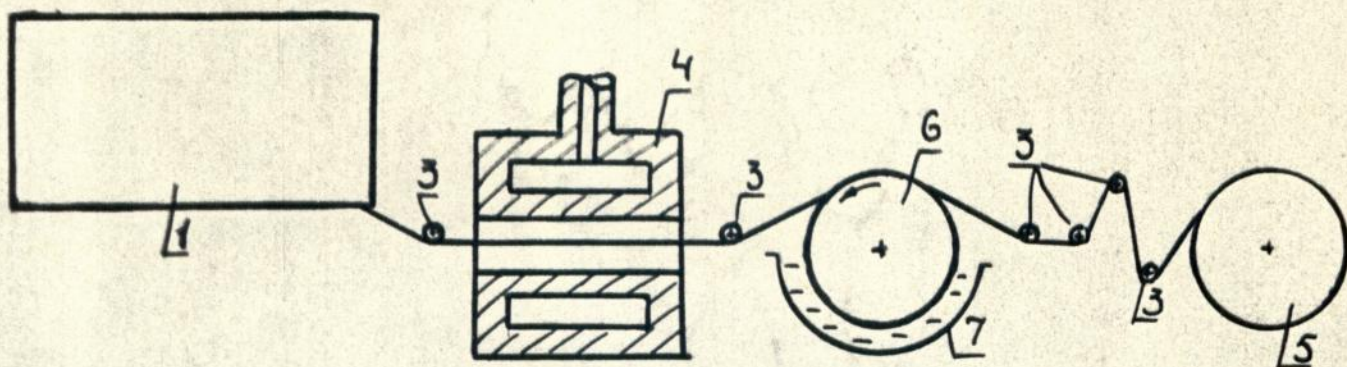
Мал.8. Вплив тиску повітря на пневмофорсунці на зклеєність елементарних волокон в нитях СВМ

При збільшенні тиску повітря від 0 до 1,0-1,1 аті виникає збільшення міцносних властивостей органоджгута, що можна пояснити збільшенням ступені розділу зклеєних волокон. При дальшому збільшенні тиску повітря спостерігається зниження міцносних властивостей органоджгута - починається пошкодження елементарних волокон повітряним струменем. Вивчено вплив величини тиску повітря на форсунці на значення показника "зклеєність елементарних волокон в комплексній ниті". Результати досліджень, представлені на мал.8, показують що при збільшенні тиску повітря від 0 до 1,1 аті, виникає зменшення зклеєності волокон в комплексній ниті приблизно - 3,5 раза. Подальше збільшення тиску повітря не приводить до істотного зменшення зклеєності волокон. Таким чином на підставі проведених досліджень тиск повітря на форсунці при пневмообробці органонитей повинен складати 0,9-1;1 аті.

Після завершення одробки способом пневмопідготовки поверхні органоволокон до нанесення апрета були проведені дослідження по вибору апрета і способу його нанесення на пневмооброблений арміруючий матеріал. В процесі досліджень випробувався ряд різних апретируючих складів внаслідок чого був вибраний низькомолекулярний полімер "Стиросил" (ТУ 38.103453-79). Вибір даного апрету обумовлений його високою проникаючою властивістю, доброю адгезією до волокна і зв'язуючого, високою теплостійкістю (до 300°C).

Для забезпечення можливості апретирування волокна в умовах

ього промислового виробництва відробка способу нанесення вибраного апрету проводилася безпосередньо в процесі трощіння органоджгутів. Для цього після пневмофорсунок (4) (див. мал. 9) був



Мал. 9. Принципова схема пневмообробки
І апретирування волокна

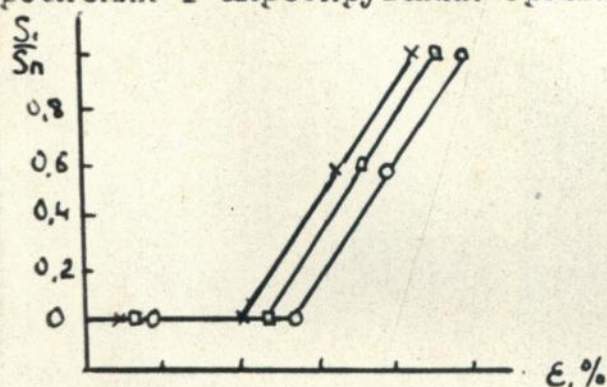
установлений насичувальний вузол, складений з ванночки (7) і насичувального вала. Необхідно відмітити, що трощіння органоджгутів відбувається з швидкістю 150–200 м/хв. При такій швидкості апретирування органоволокна методом "занурювання" неможливо в зв'язку з вспінюванням апретируючого складу при проходженні через нього нитей з високою швидкістю. Апретирування в даному випадку можливо контактним способом за допомогою обертаючого назустріч руху нитей валика. Слідє відмітити, що реалізація властивостей апретируваних органоволокон в КМ багато чому залежить від кількості нанесеного апрету. В даному випадку цей показник повинен знаходитися на рівні приблизно 2% в'єсових. Величину нанесу апрету на волокно можливо регулювати змінюючи швидкість руху нитей, тобто час контакту волокна з поверхньою насичувального вала, проте це зв'язано зі зміною відробленого регламенту виробництва органоджгутів. Цьому регулюванню нанесу апрету на органоволокно здійснюється шляхом зміни співвідношення компонентів апрету за рахунок зміни кількості розчинника. Для забезпечення апрету

на волокно в кількості 2% в ісових було підібране слідуєче відношення компонентів:

- "Стиросил" - 115 в.ч.
- каталізатор К-18 - 3 в.ч.
- розчинник - 400 в.ч.

По результатах проведених досліджень були нароблені партії органоджгутів Армос і ЖСВМ-5 пневмооброблені і апретирувані "Стиросилом".

Проведені дослідження пошкодженості КМ на основі пневмооброблених і апретируваних органоджгутів показали (див. мал. 10):



Мал. 10. Діаграма
"пошкодженість-деформація"
для органоконіозитів на
основі джгута Армос
вихідного і модифікованого

- замітне накопичення пошкоджень в КМ починається при напругах, близьких до руйнуючих (більш 0,75 в), причому для модифікованого волокна це значення вище, чим для вихідного;

- введення модифікування органоволокна як в виді пневмообробки так і в ще більшій ступені при пневмообробці з апретируванням сприяє підвищенню реалізованої міцності волокна в коніозиті.

Цей факт можна пояснити тим, що при навантаженні матеріалу в першу чергу починає пошкоджуватися арміруючий матеріал в місцях зклеєності елементарних волокон, де, з одного боку, знаходяться ненасичені зв'язуючим волокна, а з другого - мається різнодовжинність елементарних волокон. Накопичення таких мікропошкоджень і сприяє зниженню працезданості матеріалу,

зменшуючи реалізовану міцність волокон арміруючого матеріалу.

При використанні пневмомодифікованого арміруючого матеріалу "зклеєність" елементарних волокон значно зменшується, цьому пошкодження матеріалу починає накопичуватися при більш високих значеннях деформації і напруг, що приводить до підвищення реалізованої міцності органоволокна в композиті. Однак в цьому випадку (що характерно і для вихідного волокна) пошкодження матеріалу починається за рахунок різниці відносних подовжень зв'язуючого і волокна. У випадку, коли на волокно після пневмообробки нанесли апрет, на межі волокно-зв'язуюче виникає демпфуючий шар, який сприяє підвищенню деформації композита без пошкодження і як наслідок - дальше підвищення ступені реалізованої міцності арміруючого матеріалу в КМ.

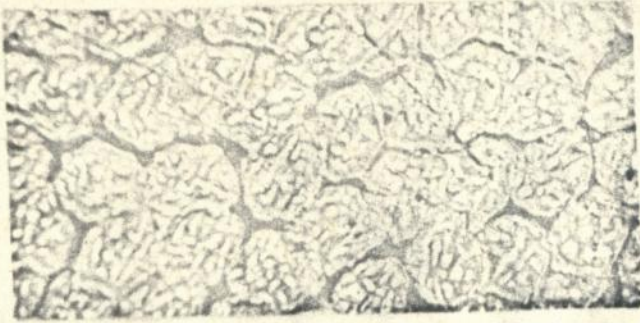
Дослідження, проведені на модельних конструкціях типа "кокон" показали, що розроблений спосіб модифікування органоволокна сприяє підвищенню ступені реалізації вихідної міцності арміруючого матеріалу в КМ на 10-11%, що забезпечує підвищення несучої здібності корпусів на 11-15 ат і їх параметра ефективності на 3-4,3 км.

Получені дані можна пояснити також і з допомогою мікроструктурного аналізу. На мал. 11 і 12 приведені фрагменти мікроструктури композиту на основі вихідного і апретируваного джгута Армос при збільшенні

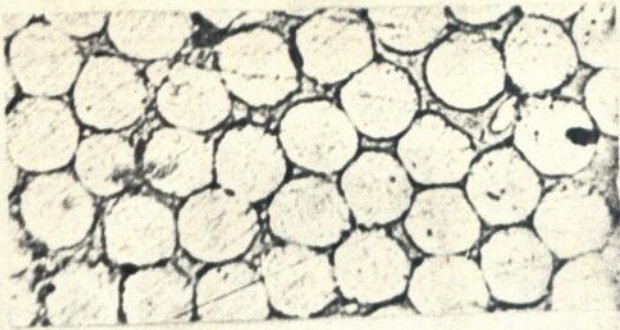
x600. Аналогічні фрагменти характерні і для КМ на основі джгута ЖСВМ.

Відомо, що органоволокна мають негативний коефіцієнт лінійного термічного розширення, який складає для волокна СВМ - $4,5 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, а для волокна Армос - $6,3 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Цьому в процесі полімерізації композиційного матеріалу відбувається усадка арміруючих волокон при нагріванні заготовки виробу в печі.

В результаті в матеріалі силової оболонки виникають знижуючі напруги, направлені перпендикулярно волокнам. Якраз виникненням таких напруг, а також дефектами, маючимися на поверхні волокон можна пояснити форму поперечного січіння органоволокон після



Мал.11. Мікроструктура
КМ на основі джгута Армос
вихідного



Мал.12. Мікроструктура
КМ на основі джгута Армос
пневмообробленого і
апретируваного

полімеризації КМ на мал. 11. Крім того, для даного фрагменту характерні наявність пор і злепок волокон.

Після пневмообробки і апретирування волокна структура КМ (мал.12) істотно змінюється. "Стиросил", володіючи високою проникаючою здібністю, "заліковує" дефекти на поверхні волокон і тим самим запобігає значній зміні форми волокон. Цьому апретирувані волокна змінюють свою форму в поперечному сечінні в значно меншому ступені. Можна також передбачити, що при навантаженні матеріалу виникаючі при деформації волокон в процесі полімеризації "кути" являються концентраторами напруг. Модифікування волокна "Стиросилом" значно знижує кількість таких концентраторів, що сприяє зменшенню пошкодженості матеріалу, і, як наслідок, підвищенню ступені реалізації міцності волокон, пор, ненасичених зв'язуючим ділянцями волокон, що також знижує пошкодженість матеріалу при його навантаженні.

Заключні дослідження по оцінці ефективності розробленого способу модифікування волокна провадилися на натурних корпусах

І5Д305М, результати міцносних випробувань яких приведені в таблиці.

Таблиця

Результати міцносних випробувань
корпусів типа І5Д305М

Матеріал силової оболонки	Тиск руйнування, кгс/см ²	Параметр ефективності, км	Реалізована міцність в кільцевих шарах, МПа	Коефіцієнт реалізації
1. ЖСВМ-5+ЭДТ-10	137,6	31,4	2490	0,62
2. ЖСВМ-5+ЭДТ-10	139,7	31,3	2530	0,62
3. ЖСВМ-5+ЭДТ-10 (модифіков.)	150 (без руйнування)	35,0	2750	0,71

Аналізуючи дані таблиці, відмітимо, що модифікування органолокна розробленим способом дозволило підвищити параметр ефективності корпусу на 3,5 км (12%) і реалізовану міцність волокна в конструкції на 9%.

Таким, чином, проведені дослідження показали високу ефективність пропонованого способу модифікування органолокон, заключаючись в тому, що КМ на основі модифікованих волокон в порівнянні з матеріалом на основі вихідних волокон:

- володіють більш високими міцносними характеристиками;
- забезпечують більш високу працездатність і параметр ефективності корпусів типа "кокон";
- сприяють отриманню малодефектної мікроструктури композита.

Крім того, в процесі досліджень було показано, що розроблений для поперечної підготовки волокна до апретирування спосіб пневмообробки достатньо ефективний сам по собі і може бути використаний для зниження ступені реалізації вихідної міцності органоволокна без його послідуєчого апретирування. Результати досліджень захищені авторським свідоцтвом.

Розроблений спосіб модифікування органоволокна відроблений в умовах його промислового виробництва на Каменському заводі штучних волокон з об'ємом випуску апретируваних волокон до 20 т в рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу літературних джерел і існуючого досвіду роботи вибрані перспективні напрямлення досліджень:

- оптимізація текстильної структури арміруючого матеріалу;
- модифікування поверхні органоволокон.

2. Використовуючи відомі положення термодінаміки незворотніх процесів і теорії пошкодженості матеріалів автор показав, що для підвищення ступені реалізації вихідних міцносних властивостей органоволокна в композиті необхідно забезпечити мінімальну пошкодженість КМ при його навантаженні.

3. Проведений аналіз факторів, знижуючих ефективність апретирування органоволокон. Установлено, що однією з основних причин являється зіпкання окремих волокон в комплексній ниті, виникає при проведенні його термообробки. Для усунення зіпшаних ділянок розроблений спосіб пневмомодифікування арміруючого матеріалу, заключаючийся в обробці комплексних нитей при їх трощінні направленим струменем повітря, забезпечує зниження

зклеєності волокон більше ніж в 3,5 рази і підготовлюючи тим самим органоволокна до апретирування чи насичення зв'язуючим.

4. Проведена зрівняльна оцінка пошкодженості композиційного матеріалу на основі різних типів модифікованих волокон при його навантаженні. Виявлено, що пошкоджуємість органокомпозитів відмічається при дії в них напруг, близьких до руйнуючих.

На підставі досліджень виділені типи модифікованих органо-наповнювачів, забезпечуючі мінімальну пошкоджуємість КМ при його навантаженні:

- арміруючий матеріал, маючий діаметр елементарних волокон біля 12 мкм;
- пневмомодифіцирувані органо-наповнювачі;
- пневмомодифіцирувані, а потім апретирувані арміруючі наповнювачі.

5. Вивчено вплив текстильної структури арміруючих волокон типу Армос на властивості КМ, і на підставі результатів цих досліджень показано, що найбільш повно міцносні властивості джгута Армос реалізуються при використанні волокна діаметром близько 12 мкм і комплексної ниті з лінійною щільністю не більше 100 текс.

6. Розроблений спосіб апретирування арамідних волокон "Стиросилом" після їх пневмообробки. Розроблений спосіб забезпечує ріст реалізації вихідних властивостей органоволокон на 10-12% що сприяє підвищенню параметра ефективності і несучої здібності корпусів типа "кокон", а також на 35-45% збільшує ступінь збереження міцносних характеристик КМ при температурі 150°C. Предложений спосіб захищений авторським свідоцтвом.

7. Результати проведених досліджень підтверджені випробуваннями натурних корпусів типа "кокон", виготовлених на основі вихідного і модифікованого волокна СВМ.

8. Проведена обробка технології пневмомодифікування і апретирування арамідних волокон в умовах їх промислового виробництва на Каменському ПО "Хімволокно" з можливим об'ємом їх виробництва до 20 т в рік.

9. На підставі отриманих результатів з ціллю забезпечення максимальної реалізації властивостей органоволокна в конструкції корпусів РДТТ рекомендується використовувати органонаповнювачі типа СВМ чи Армос з діаметром елементарних волокон 12 мкм і лінійною щільністю комплексної ниті не більш 100 текс, минувши пневмомодифікування і апретирування "Стиросилом".

10. Результати, представлені в даній роботі, можуть бути покладені в основу подальших досліджень по модифікуванню органоволокон в частині пошуку нових більш ефективних рецептур апретів, а також при розробці арміруючих наповнювачів з принципово новою текстильною структурою, наприклад комплексних нитей, включаючих в себе волокна різного діаметра, що може забезпечити підвищення міцносних властивостей за рахунок збільшення в ньому об'ємної долі арміруючого матеріалу.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ ВІДОБРАЖЕНИЙ В СЛІДУЮЧИХ ПРАЦЯХ:

1. А.С. № 289595. Спосіб обробки арамідних волокон.
Бондарев А.А., Новікова О.О., Коваленко В.О та ін., заявл.,
24.09.87р., Опубл. 01.03.89р.
2. Коваленко В.О., Артьоменко Ю.Г., Новікова О.О., Санін Ф.П.
та ін. Вплив структури параметрів органонаповнювачів на міцнос-
ні характеристики органопластиків (Виробничо-технічний досвід.-
1990.-II, с.5+8).
3. Коваленко В.О. Дослідження шляхів підвищення ступеню
реалізації міцності органоволокон СВМ і АРМОС в конструкційних
органопластиках. (Тезиси докладів XII науково-технічної конферен-
ції. м.Хотьково.-1989-с.26-29.
4. Коваленко В.О., Артьоменко Ю.Г. Підвищення ступені
реалізації міцності арамідних волокон в конструкції корпусів
типа "кокон". (Тезиси докладів VI Міжгалузевої науково-технічної
конференції "Проблеми створення конструкцій з КМ і їх упродов-
ження в спеціальні галузі промисловості", -м.Міасс.-1989.-
с.53-54.
5. Ситало В.Г., Артьоменко Ю.Г., Коваленко В.О., Реалізація
властивостей високоміцних органічних волокнистих наповнювачів
в конструкціях типа "кокон". (Тезиси докладів Московської між-
народної конференції по композитам.- Москва.-1990,-ч.2-с.2II.
6. Тарасенко В.Л., Брюховецька В.М., Коваленко В.О. та ін.
Вдосконалення органопластикових виробів за рахунок апретиру-
вання органонаповнювачів силіконовим апретом./Виробничо-техніч-
ний досвід.-1990.-II, с.3-5.

Р.М.С.

№ 26356

АВ 26.356

ВСТУПАЮЧИЙ

1. Коваленко В.О. ...

Коваленко А.А., Коваленко В.О. ...

1933-11-15-33

2. Коваленко В.О., Абрамченко В.Т., Коваленко В.О., Коваленко В.О.

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

1933-11-15-33

3. Коваленко В.О. ...

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

1933-11-15-33

4. Коваленко В.О., Абрамченко В.Т. ...

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

1933-11-15-33

1933-11-15-33

5. Коваленко В.О., Абрамченко В.Т., Коваленко В.О., Коваленко В.О.

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

... (Тезисы доклада VI Всесоюзного съезда работников ...)

1933-11-15-33

Коваленко В.О.