

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика» кафедрасы

Қоқымбаева Амина Серікқызы

«Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу»

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

6B07109 – «Инженерлік физика және материалтану»  
білім беру бағдарламасы

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

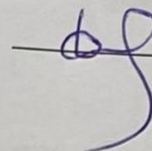
Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазНИТУ им.К.И.Сатпаева»  
Горно-металлургический институт  
им. О.А. Байқоңырова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ  
«МНЖИФ» кафедра меңгерушісі,  
PhD

 Кудайбергенов К.К.  
«13» мамыр 2024ж.


ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу»

6B07109 – «Инженерлік физика және материалтану» білім беру бағдарламасы

Орындаған

Қоқымбаева А.С.

  
Пікір беруші  
Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ  
PhD қауымдастырылған  
техникалық  
профессор, доцент  
Мұхаметкаримов Е.С.  
«10» мамыр 2024ж

Ғылыми жетекші  
к.ф-м.н., аға оқытушы,  
Бейсебаева А.С.  
«03» мамыр 2024ж

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Материалтану, нанотехнология және инженерлік физика» кафедрасы

**БЕКІТЕМІН**

«МНЖИФ» кафедрасының  
меңгерушісі PhD,

Кудайбергенов К.К.

«13» мамыр 2024 ж.

**Дипломдық жұмыс орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Қоқымбаева Амина

Тақырыбы : «Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу»

Университет Ректорының «04» желтоқсан 2023 жылғы № 548-П/Ө  
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2024 жылғы "13" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: Жұмыс полимер мен мыс ацетаты ерітіндісінен электроспиннинг әдісі арқылы талшық алуға және олардың қасиеттерін зерттеуге арналған.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

- а) Талшықты материалдарды қарастыру және қасиеттерін зерттеу;
- б) Электроспиннинг әдісі арқылы полимер және мыс ацетаты ерітіндісінен талшық алу;
- в) Алынған үлгілердің құрылымдық қасиеттерін зерттеу;

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1 Kim, H. S. 'Relationship Between Fiber Orientation Distribution Function and Mechanical Anisotropy of Thermally Point-Bonded Nonwovens.' *Fibers And Polymers* 5(3): 177–181. O.S. Abiola, W.K. Kupolati, E.R. Sadiku, *et al.* Utilisation of natural fibre as modifier in bituminous mixes: a review *Construction and Building Materials*, 54 (2014), pp. 305-312

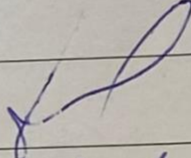
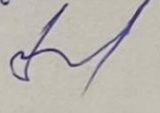
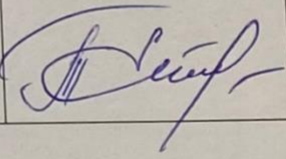
2 E. Hadipour-Goudarzi, M. Montazer, M. Latifi, A.A. Aghaji, Electrospinning of chitosan/sericin/PVA nanofibers incorporated with in situ synthesis of nano silver, *Carbohydr. Polym.* 113 (2014) 231–239.

Дипломдық жұмысты дайындау

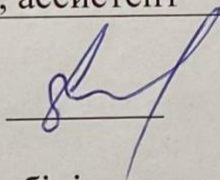
|   |  |         |
|---|--|---------|
| Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі | Ғылыми жетекші мен кеңесшілерге көрсету мерзімдері | Ескерту |
| Әдеби шолу                                      | 01.02.2024 - 05.04.2024                            |         |
| Тәжірибелік бөлім                               | 08.04.2024 - 10.05.2024                            |         |
| Дипломдық жұмысты алдын-ала қорғау              | 29.04.2024   |         |

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

қолтаңбалары

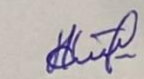
| Бөлімдер атауы    | Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы) | Қол қойылған күні | Қолы  |
|-------------------|--|-------------------|---|
| Әдеби шолу        | Бейсебаева А.С., ф-м.ғ.к., аға оқытушы                       | 10.05.2024        |  |
| Тәжірибелік бөлім | Бейсебаева А.С., ф-м.ғ.к., аға оқытушы                       | 10.05.2024        |  |
| Норма бақылау     | Етиш Т.Е., техника ғылымдарының магистрі, ассистент          | 13.05.2024        |  |

Ғылыми жетекші



Бейсебаева Айгул Самсалиевна

Тапсырманы орындауға алған білім алушы



Қоқымбаева Амина

Күні

« 13 » мамыр 2024 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ  
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

**Ғылыми жетекшінің пікірі**

Дипломдық жұмыс

Қоқымбаева Амина Серікқызы

6B07109 - «Инженерлік физика және материалтану» білім беру бағдарламасы

Тақырыбы: «Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу»

Қоқымбаева А.С. бітіруші жұмысты электроспиннинг әдісі арқылы полимер және мыс ацетаты негізіндегі ерітіндіден талшық алу және олардың қасиеттерін зерттеуге негізделген.

Дипломдық жұмыстың мақсаты электроспиннинг әдісі арқылы талшық алып, олардың құрылымын, қасиетін зерттеу.

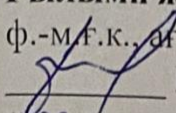
Дипломдық жұмыс 2 бөлімнен және қорытындыдан тұрады. Кіріспеде тақырыпқа жалпылама сипаттама берілген. Талшықтың химиялық және физикалық қасиетіне, түрлеріне және электроспиннинг әдісіне тоқталған. Электроспиннинг әдісі арқылы алынған талшықтардың әртүрлі бағыттағы эксперимент нәтижелері талқыланған. Дипломдық жұмыстың тәжірибелік бөлімінде полимер және мыс ацетаты ерітіндісінен электроспиннинг әдісі арқылы алынған талшық нәтижелері көрсетілген. Алынған үлгілердің құрылымы СЭМ арқылы талданған. Сонымен қатар нәтижелерді салыстыру мақсатында полимер мен кобальт нитраты ерітіндісінен талшық алынып, құрылымына талдау жүргізілді.

Қоқымбаева А.С. дипломдық жұмысы жоғары деңгейде орындалған, диплом алушы материалды толық игергенін алынған эксперименттік нәтижелерінен көруге болады.

А. Қоқымбаеваның дипломдық жұмысы бітіру жұмыстарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады, ал білімгер 6B07109 - «Инженерлік физика және материалтану» мамандығы бойынша “бакалавр” дәрежесін беруге лайық.

**Ғылыми жетекші:**

ф.-м.ғ.к., аға оқытушы

 Бейсебаева А.С.

«03» мамыр 2024ж

Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті  
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Қоқымбаева Амина Серікқызы

Тақырыбы: Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу

Жетекшісі: Бейсебаева А.С.

1-ұқсастық коэффициенті (30): 4.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 1.3

Дәйексөз (35): 0

Әріптерді ауыстыру: 4

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 1

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

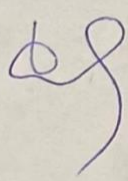
Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

21.05.2024



Кафедра меңгерушісі

Кудайбергенов К.К.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ  
МИНИСТРЛІГІ  
Қ.И. СӘТБАЕВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ  
ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ

**СЫН-ПІКІР**

Дипломдық жұмыс

Қоқымбаева Амина Серікқызы

6В07109 – «Инженерлік физика және материалтану» білім беру  
бағдарламасы

Тақырыбы: «Талшықты материалдардың қасиеттерін алу және зерттеу»

Қоқымбаева А.С. дипломдық жұмысы электроспиннинг әдісі арқылы полимер мен мыс ацетаты ерітіндісінен талшық алу және қасиеттерін зерттеу болып табылады.

Дипломдық жұмыс кіріспеден, екі бөлімнен және қорытындыдан тұрады.

Дипломдық жұмыстың бірінші бөлімінде талшықты материалдар туралы жалпылама сипаттама көрсетілген. Сонымен қатар электроспиннинг әдісі арқылы алынған талшықты материалдар туралы бірнеше мақалалар сипатталған.

Дипломдық жұмыстың екінші бөлімінде тәжірибелік процесстің нәтижелері көрсетілген. Тәжірибелік жұмыс кезінде полимер мен мыс ацетаты ерітіндісінен талшық алынды. Алынған талшықтардың құрылымы зерттелді.

Жұмыстың кемшілігі ретінде мәтінде кездесетін кейбір орфографиялық, стильдік қателер кездеседі, бірақ, бұл дипломдық жұмыстың сапасына әсерін тигізбейді және қорғауға жіберуге болады.

**ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ**

А. Қоқымбаеваның дипломдық жұмысы бітіру жұмыстарына қойылатын талаптарды қанағаттандырады, ал білімгер 6В07109 - «Инженерлік физика және материалтану» мамандығы бойынша “бакалавр” дәрежесін беруге лайық.

Жұмыс толығымен қойылатын талаптарға сәйкес келеді және 90% (А-) «өте жақсы» деген бағамен қорғауға жіберілсін.

Пікір беруші

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ PhD,  
қауымдастырылған профессор, доцент  
Мұхаметқаримов Е.С.  
ФИЗИКА-ТЕХНИКАЛЫҚ  
ФАКУЛЬТЕТ  
2024ж

*Мұхаметқаримов Е.С. қолы растаймын*  
*Жақимова*

## АҢДАТПА

Соңғы онжылдықтарда талшықты материалдардың маңызы арта түсті, олар өнеркәсіптің көптеген салаларында кеңінен қолданылады. Талшықты материалдарды көптеген жеке талшықтардан жасалған материалдар ретінде анықтауға болады, сондықтан талшықты материалдардың қасиетін түсіну үшін біз жалғыз талшықтарға қатысты мәселелерді талқылауымыз керек. Дегенмен, талшықты материалдардың әрекеті олардың құрамдас жеке талшықтарынан айтарлықтай ерекшеленетінін атап өткен жөн. Жалпы бұл жұмыста талшықты материалдарды алу және олардың қасиеттерін зерттеу қарастырылды. Сонымен қатар зерттеу кезінде талшықты материалдарды алудың ең тиімді және ыңғайлы әдістерінің бірі электроспиннинг әдісі қолданылды. Жұмыс барысында дайындалған ерітінділерден талшықты материалдар алынып, олардың қасиеттері зерттелді. Алынған талшықты материалдардың қасиетін және құрылымын анықтау үшін арнайы микроскопиялық құрылғылар арқылы талдау жүргізілді. Осы зерттеудің нәтижесінде электроспиннинг әдісімен поливинил спирті мен мыс ацетаты негізіндегі ерітіндіден полимерлі талшықтарды алу шарттары анықталды. Алынған үлгілердің морфологиясы зерттелді.



## АННОТАЦИЯ

В последние десятилетия возросло значение волокнистых материалов, они широко используются во многих отраслях промышленности. Волокнистые материалы можно определить как материалы, состоящие из множества отдельных волокон, поэтому, чтобы понять свойства волокнистых материалов, нам необходимо обсудить вопросы, связанные с отдельными волокнами. Однако следует отметить, что поведение волокнистых материалов существенно отличается от поведения отдельных волокон, из которых они состоят. В целом в данной работе рассматривалось приобретение волокнистых материалов и изучение их свойств. При этом в ходе исследований был использован один из наиболее эффективных и удобных методов получения волокнистых материалов – метод электроспиннинга. В ходе работы из приготовленных растворов были извлечены волокнистые материалы и изучены их свойства. Для определения свойств и структуры полученных волокнистых материалов проводился анализ с помощью специальных микроскопических приборов. В результате проведенных исследований определены условия получения полимерных волокон из раствора на основе поливинилового спирта и ацетата меди методом электроформования. Изучена морфология полученных образцов.

## **ABSTRACT**

In recent decades, the importance of fibrous materials has increased, they are widely used in many industries. Fibrous materials can be defined as materials made of many individual fibers, so in order to understand the properties of fibrous materials, we need to discuss issues related to single fibers. However, it should be noted that the behavior of fibrous materials differs significantly from the individual fibers of which they are composed. In general, in this work, the acquisition of fibrous materials and the study of their properties were considered. At the same time, one of the most effective and convenient methods of obtaining fibrous materials, the electrospinning method, was used during the research. In the course of the work, fibrous materials were taken from the prepared solutions and their properties were studied. To determine the properties and structure of the obtained fibrous materials, analysis was carried out using special microscopic devices. As a result of this study, the conditions for obtaining polymer fibers from a solution based on polyvinyl alcohol and copper acetate by the electrospinning method were determined. The morphology of the obtained samples was studied.

## МАЗМҰНЫ

|       |   |    |
|-------|---|----|
|       | КІРІСПЕ   | 9  |
| 1     | ӘДЕБИ ШОЛУ  | 10 |
| 1.1   | Талшықты материалдарды қарастыру  | 10 |
| 1.1.1 | Талшықтардың ішкі құрылымының сипаттамасы   | 10 |
| 1.2   | Талшықтардың жіктелуі және физика-химиялық сипаттамалары                                    | 11 |
| 1.2.1 | Табиғи өсімдік талшықтары   | 12 |
| 1.2.2 | Табиғи талшықтардың химиялық қасиеттері   | 13 |
| 1.2.3 | Табиғи талшықтардың модификациялау әдістері   | 14 |
| 1.3   | Бейорганикалық талшықтар. Бейорганикалық талшықтардың жіктелуі                              | 15 |
| 1.4   | Электроспиннинг әдісі   | 16 |
| 1.5   | Электроспиннинг әдісі арқылы талшық алу   | 18 |
| 1.5.1 | Электроспиннинг әдісі арқылы алынған әртүрлі талшықты материалдар және қолданылуы           | 18 |
| 2     | ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ   | 26 |
| 2.1   | Электроспиннинг әдісімен талшықты материалдарды өндіруге арналған ғылыми-зерттеу қондырғысы | 26 |
| 2.2   | Наноталшықты құрылымдарды алу әдісін жасау  | 30 |
| 2.3   | Алынған талшықтардың СЭМ бойынша нәтижелері   | 34 |
|       | ҚОРЫТЫНДЫ   | 37 |
|       | ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР   | 38 |
|       | ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ   | 39 |

## КІРІСПЕ

Талшықтардан тұратын материалдар әдетте талшықты материалдар деп аталады. Талшықтар бір-біріне жабысып, нәтижесінде қатты зат пайда болады. Сонымен қатар, талшықты материалдар жеке талшықтардың үлкен санын құрайды. Талшықтар тоқыма және иірілген жіптерді құрайтын негізгі бірлік болып табылады. Талшықты материалдарды екі үлкен топқа бөлуге болады: табиғи талшықтар және синтетикалық талшықтар.

Табиғи талшықтар - бұл біздің планетада табиғи түрде кездесетін талшықтар. Бұл талшықтар өсімдік немесе жануар көздерінен келеді. Ал, синтетикалық талшықтар - бұл адамдар химиялық процесстер арқылы жасаған талшықтар болып табылады. Бұл планетада табиғи түрде кездеспейді. Талшық жіп жасауда және мата өндіруде негізгі шикізат болып табылады. Талшықтар табиғи немесе жасанды жолмен пайда болуы мүмкін. Табиғи талшықтар негізінен органикалық, бірақ кейбіреулері табиғатта бейорганикалық болып кездеседі. Талшықтар әдетте бірнеше материалдарды өндіру процесінде қолданылады. Күшті инженерлік материалдар - бұл олардың беріктігін ескере отырып, талшықтарды тиімді пайдаланатын материалдар. Табиғи органикалық талшықтарға мақта, джут, сисал, жібек, жүн және т.б. жатады, ал асбест, волластонит және базальт табиғатта кездесетін бейорганикалық талшықтар болып табылады.

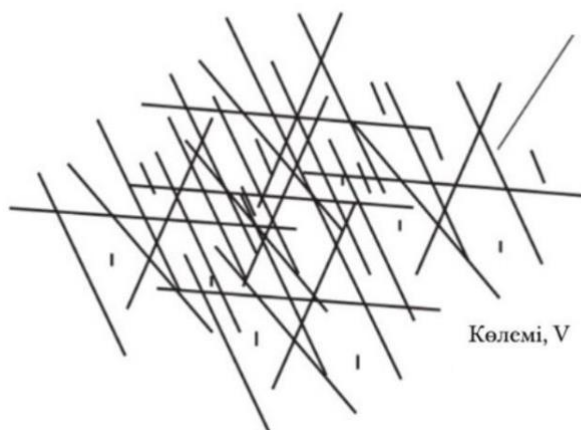
# **1 ӘДЕБИ ШОЛУ**

## **1.1 Талшықты материалдарды қарастыру**

Талшықты материалдар өте кең мағынаға ие және оларды пластмасса, резеңке, тоқыма, қағаз, шыны, тамақ өнімдері сияқты санаттарға жіктеуге болады. Талшықтарды екі негізгі топқа бөліп қарастырамыз: табиғи және синтетикалық. Талшықты материалдар қазіргі таңда тоқыма, тоқыма емес және композициялық материалдар сияқты әртүрлі қолданбаларда маңызды болып келеді. Атап айтқанда, нанопибрлер, жақында биология мен медицина саласында үлкен маңызға ие болды, өйткені олардың наноөлшемді қасиеттері өте үлкен беткі аймақ пен жоғары кеуектілікті қамтамасыз етеді. Нанопибрлер нано және макро әлем арасындағы байланысты қамтамасыз ете алады. Өйткені олардың диаметрі нанометрлердің ретін құрайды, ал олардың ұзындығы жүздеген метр немесе одан да көп болуы мүмкін. Полимерлі нанопибрлерді тарту, үлгіні синтездеу, фазаны бөлу, өзін-өзі құрастыру және электроспиннинг сияқты бірнеше әдістермен өңдеуге болады. Бірдей талшықтардан жасалған талшықты материал үшін, яғни геометриялық пішіндері, өлшемдері және физикалық қасиеттері бірдей болса да, материалдың ішінде пайда болған кеуектердің өлшемдері мен пішіндері бойынша үлкен күрделілікке ие болады, себебі бұл тасымалдау функцияларын орындау капиллярлардың геометриясына байланысты болады. Тасымалдау процессінде материал сұйықтықтармен немесе жылумен әрекеттескенде өзгереді: талшықтар ісінеді және материал сұйықтықтың сіңірілген салмағына байланысты деформацияланады. Мұндай үлкен күрделілік материалды тасымалдау құбылысын зерттеудің алғышарты ретінде ішкі құрылымдық сипаттамаларды сипаттауға статистикалық немесе ықтималдық тәсілдерді қажет етеді.

### **1.1.1 Талшықтардың ішкі құрылымының сипаттамасы**

Талшықты материалдар - бұл интеграцияланған құрылымдарға үйкеліс арқылы жиналған жеке талшықтардың жиынтығы (1 сурет). Мұндай жүйеге кез-келген сыртқы әсер талшықтар немесе талшықтардың контактілері арқылы берілуі керек. Нәтижесінде жүйенің кез-келген сипаттамасын зерттеуге тырысқанда ішкі құрылымды түсіну және сипаттау қажет болады.

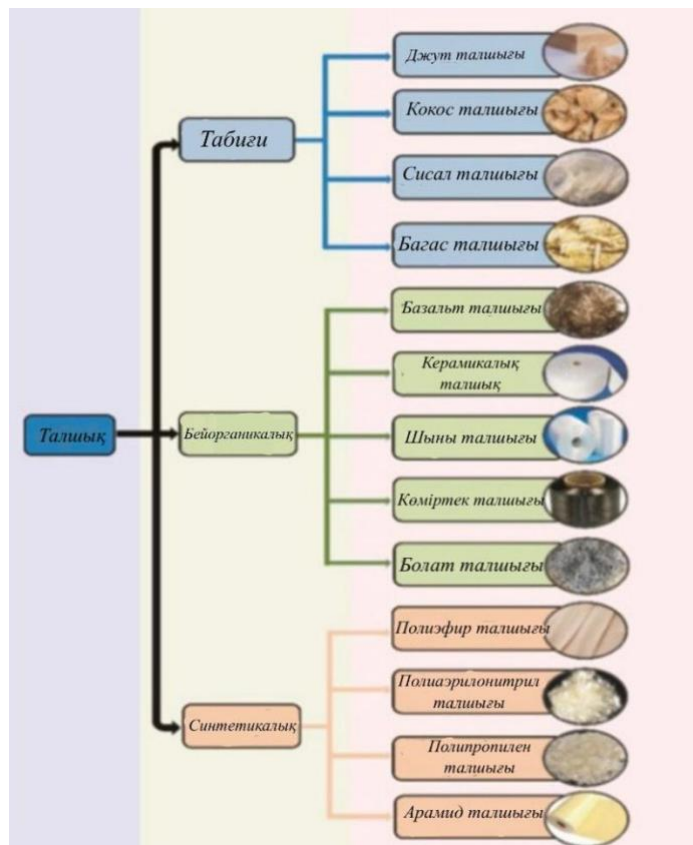


1 сурет - Жеке талшықтардың жиынтығы [1]

Жиынтықта байланыс нүктелері арасындағы бос талшықты сегменттер, сондай-ақ құрылымдағы талшықтар мен бос орындардың көлемдік қатынасы анықталады. Сондықтан, ең алдымен, осы микроқұрылымды сипаттауға немесе нақтырақ айтқанда, байланыс нүктелерінің тығыздығы мен таралуын, бекітілген орындардың салыстырмалы пропорцияларын және берілген көлем жүйесіндегі талшықтағы екі байланыс нүктесі арасындағы бос талшық сегментін зерттеуге бағытталуы керек [1].

## **1.2 Талшықтардың жіктелуі және физика-химиялық сипаттамалары**

Бұл бөлімде талшықтар 2 суретте көрсетілгендей табиғи өсімдік талшықтарына, бейорганикалық талшықтарға және синтетикалық талшықтарға қарай жіктеледі және талшықтың әр түрінің құрылымы мен қасиеттері толығымен талқыланады.

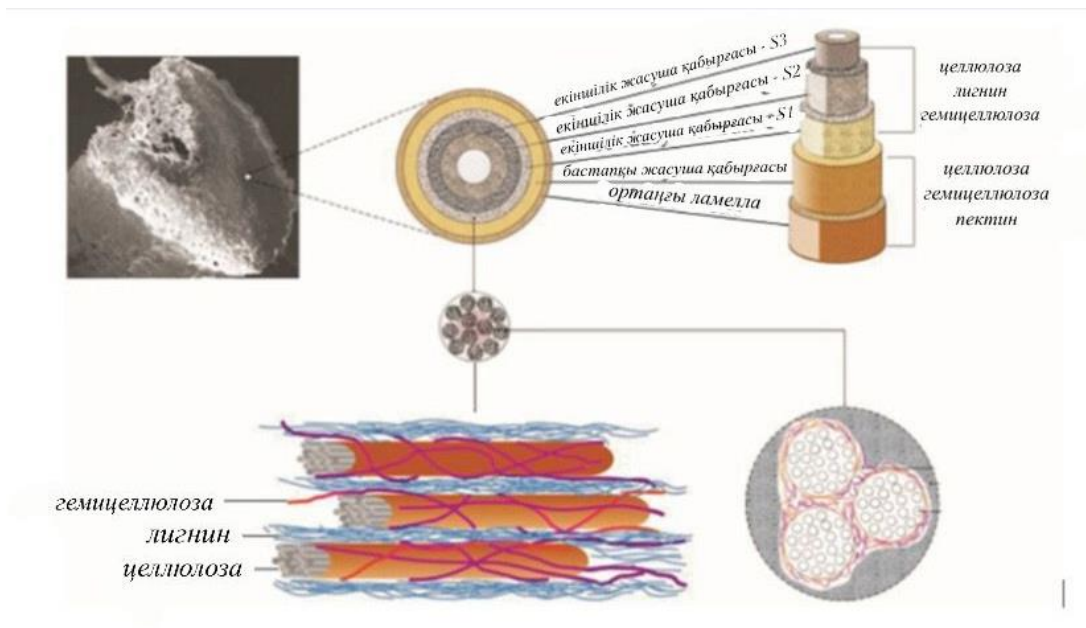


2 сурет - Талшықтардың жіктелуі [1]

Талшықтың барлық түрі қазіргі таңда өте көп қолданыста бар. Өнеркәсіптің бірнеше саласында кең түрде пайдаланылады. Сонымен қатар әрқайсысының қолданылуына байланысты өзіндік маңыздылығы бар.

### 1.2.1 Табиғи өсімдік талшықтары

Табиғи өсімдік талшықтары - әртүрлі формалары мен күрделі құрылымдары бар табиғи полимерлердің бір түрі. Басқа синтетикалық талшықтармен салыстырғанда табиғи талшықтар оңай қолжетімділігімен, төмен құнымен және жақсы механикалық қасиеттеріне байланысты тиімді және табиғи жаңартылатын ресурс болып табылады. Өсімдік талшықтары әдетте өсімдіктердің әртүрлі бөліктерінен алынады. Жіктелуі бойынша өсімдік талшықтарын ағаш талшықтары және ағаш емес талшықтар деп бөлуге болады. Ағаш талшықтары жұмсақ және қатты ағаштардан тұрады, ал ағаш емес талшықтар одан әрі төрт санатқа бөлінеді, яғни сабақ талшықтары, бас талшықтары, тұқым талшықтары және жапырақ талшықтары. Табиғи өсімдік талшықтарының қасиеттері өсу аймағына, әдісіне және қолданылатын экстракция техникасына байланысты болып келеді. Табиғи өсімдік талшықтарының физикалық қасиеттері олардың химиялық қасиеттерімен және физикалық құрылымымен тығыз байланысты.



3 сурет - Табиғи талшық құрылымы [1]

### 1.2.2 Табиғи талшықтардың химиялық қасиеттері

Химиялық тұрғыдан алғанда, табиғи өсімдік талшықтары негізінен целлюлозадан тұрады, одан кейін гемицеллюлоза, лигнин, пектин және балауыз заттар. 1 кестеде әртүрлі табиғи талшықтардың химиялық құрамы көрсетілген. Талшық құрамындағы целлюлоза оған беріктік, қаттылық және құрылымдық тұрақтылық береді. Целлюлозаның химиялық құрылымы - күшті молекулааралық және молекулааралық сутектік байланыстарды құрайтын жоғары реттелген және тұрақты кристалдық құрылым болып табылады (4а сурет). Лигнин күшейтілген целлюлоза мен гемицеллюлозаны қаңқалық тірекпен қоршайды (4б сурет). Гемицеллюлоза целлюлоза мен лигниннің молекулалық байланыстырғышы болып табылады және оның құрылымы әртүрлі гексоза және пентоза топтарымен және глиоксилат топтарымен байланысқан аморфты гликан болып табылады (4с сурет). Пектин күрделі полисахаридтерден тұрады. Алифатты және фенолды гидроксил топтарының едәуір санын целлюлозада, гемицеллюлозада және лигнинде табуға болады. Сонымен қатар, лигнин құрамында өсімдік талшықтарының күшті гидрофильді және адсорбциялық қасиеттерін беретін карбоксил, карбонил және метокси функционалды топтары бар.

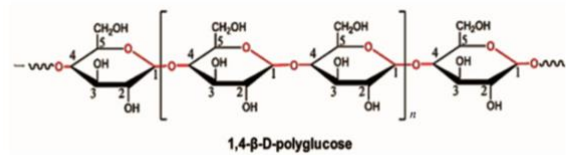
1 кесте - Табиғи өсімдік талшықтарының химиялық қасиеттері

| Талшық түрі | Целлюлоза (%) | Лигнин (%) | Гемицеллюлоза (%) | Пектин | Балауыз | Күл |
|-------------|---------------|------------|-------------------|--------|---------|-----|
|             |               |            |                   |        |         |     |

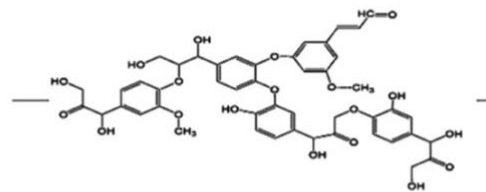


|          |             |             |             |            |             |           |
|----------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|
| Джут     | 45.00-71.00 | 12.00-26.90 | 13.60-21.00 | 0.20-10.00 | 0.200       | 2.00      |
| Бамбук   | 45.30       | 20.30       | 21.10       | 13.20      | -           | -         |
| Ананас   | 47.74       | 2.44        | 15.98       | -          | -           | -         |
| Сисал    | 64.00-67.00 | 9.90        | 12.00       | 2.00-10.00 | 0.300-2.000 | 0.80-2.00 |
| Кокос    | 34.30-53.60 | 24.00-36.40 | 22.30-29.10 | -          | 0.410       | -         |
| Пиассава | 28.60       | 45.00       | 25.80       | -          | -           | -         |
| Зығыр    | 62.10       | 12.00-26.90 | 14.00-20.00 | 0.20       | 0.166       | 1.36      |
| Қарасора | 68.00-74.40 | 3.70-10.00  | 15.00-22.40 | 0.90       | 0.800       | -         |

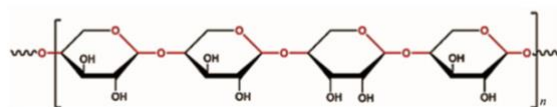
(a)



(b)



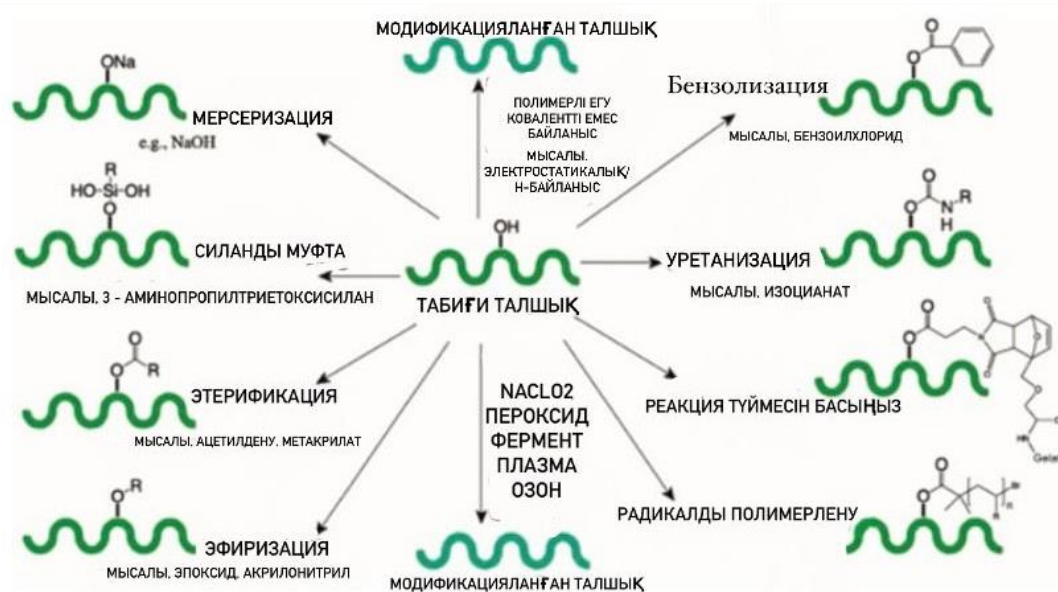
(c)



4 сурет - Химиялық құрылымы. а – целлюлоза; b – лигнин; с – гемицеллюлоза [1];

### 1.2.3 Табиғи талшықтарды модификациялау әдістері

Талшық материалдарын іс жүзінде қолдануда зерттеушілер табиғи талшықтардың беріктігі мәселелерін физикалық немесе химиялық модификациялау әдістері арқылы шешуі керектігін зерттеді. Талшықтардың гидрофильділігін төмендету және талшықтар мен субстрат арасындағы фазааралық байланысты жақсарту үшін әртүрлі әдістер қолданылады (5 сурет).



5 сурет - Табиғи талшықтарды модификациялау әдістері [1]

### 1.3 Бейорганикалық талшықтар. Бейорганикалық талшықтардың жіктелуі

Бейорганикалық талшықтар - минералдардан жасалған химиялық талшықтар. Негізгі сорттары - шыны талшығы, базальт талшығы, керамикалық талшық, көміртекті талшық және болат талшық.

#### *Базальт талшығы*

Базальт талшығының балқу температурасы 1500 °C немесе одан жоғары температураға төзімді. Полимерлі талшықпен және лигнин талшығымен салыстырғанда, базальт талшығының асфальт қоспаларында беріктігі жоғары. Сонымен қатар, базальт талшығы полимерлі талшыққа қарағанда экологиялық таза және қоспаны қайта өңдеуге болады, сондықтан инженерлік салаларда кеңінен қолданылады, тротуарлардағы жарықшақтарға жақсы төзімділікті қамтамасыз етеді.

#### *Керамикалық талшықтар*

Керамикалық талшықтардың негізгі химиялық құрамы  $Al_2O_3$  және  $SiO_2$  болып табылады және өнеркәсіптік өндірісте оқшаулағыш компоненттер ретінде қолданудың кең түріне ие. Олар жоғары температурада салыстырмалы түрде тұрақты, ал керамикалық талшықтардың кейбір түрлері химиялық реакцияларсыз 1600 °C-қа дейінгі температураға төтеп бере алады. Олардың әдетте талшық диаметрі 2-5 мкм, ұзындығы шамамен 20 мм, бетінің үлкен меншікті ауданы бар және сыртқы механикалық дірілге жақсы қарсылық көрсетеді.

### *Шыны талшық*

Бұл әртүрлі процестер арқылы әртүрлі кендерден жасалған тамаша қасиеттері бар бейорганикалық металл емес материал. Шыны талшық жоғары механикалық беріктікке, жақсы оқшаулауға ие және электр оқшаулағыш материал ретінде кеңінен қолданылады. Жұмсарту нүктесі әдетте 500 °С-тан 750 °С-қа дейін, ыстыққа төзімділігі жақсы. Шыны талшыққа қышқыл коррозиясы аз әсер етеді, бірақ сынғыш және тозуға төзімділігі нашар. Асфальт қоспасындағы шыны талшық күшейтетін және қатайтатын әсерге ие және асфальт жабынының тұтастығын қамтамасыз ету үшін агрегат бөлшектерінің ұсталуын күшейте алады. Шыны талшықтың артықшылығы төмен құны, шикізаттың оңай қолжетімділігі және жоғары ыстыққа төзімділігі болып табылады.

### *Көміртекті талшық*

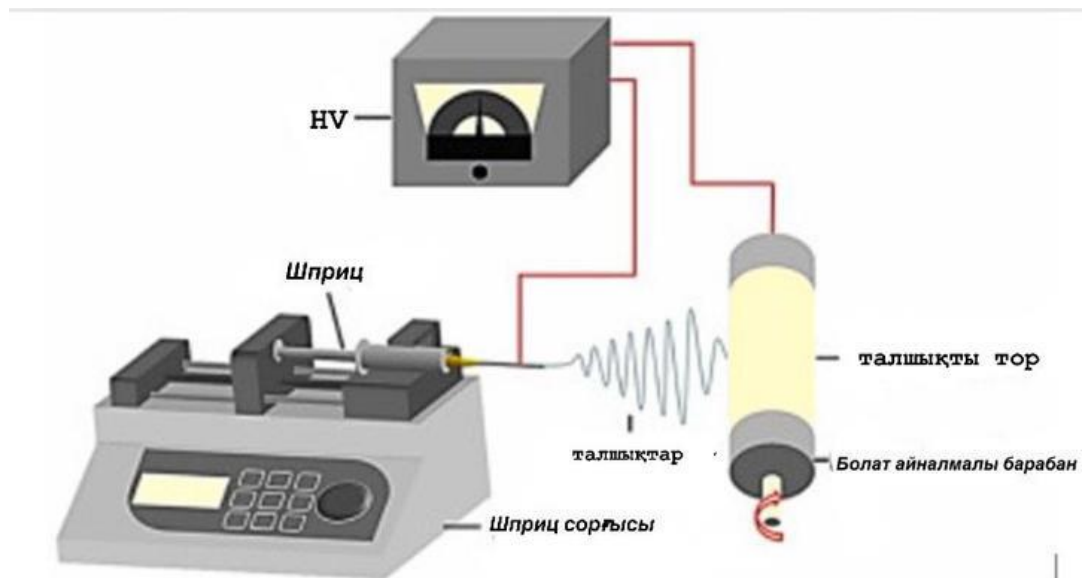
Құрамында көміртегі мөлшері 90%-дан асатын көміртекті талшық-композициялық материалдардың өнімділігін арттыру үшін шайырлар, металдар, керамика және көміртек сияқты әртүрлі материалдармен біріктіруге болатын беріктігі жоғары, жоғары модульді талшық. Көміртекті талшық арматуралық фаза ретінде төмен тығыздық, созылу және сығылу беріктігі, жылу және электр өткізгіштік және коррозияға төзімділік сияқты көптеген артықшылықтарға ие. Асфальт пен цементте көміртекті талшықтар басым [1].

2 кесте – Бейорганикалық талшықтардың механикалық қасиеттері

| Талшық түрі                  | Тығыздығы<br>г/м | Монофиламент<br>диаметрі | Ұзындығы,<br>мм | Беріктік<br>шегі,<br>МПа | Юнг<br>модулі,<br>ГПа |
|------------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|
| Базальт<br>талшығы           | 2400.0           | 10-13                    | 6.0             | 2000                     | 85                    |
| Керамикалық<br>талшық        | 1.8              | 2-3                      | 2.0-4.0         | 3000                     | -                     |
| Шыны<br>талшығы              | 2.5-2.7          | 5-8                      | 0.3-0.6         | 1000-<br>3000            | 65-86                 |
| Қысқа<br>көміртек<br>талшығы | 1.7-2.0          | 5-7                      | 3.0-50.0        | 1000                     | 200                   |
| Болат<br>талшығы             | 7.8              | 750                      | 25.0-60.0       | 1035                     | 200                   |

## 1.4 Электроспиннинг әдісі

Электроспиннинг - нанокұрылымды полимерлі талшықтар мен металдардан, металл оксидтерінен, көмірсутектерден және әртүрлі композиттерден 1D фотокатализаторларын алудың тиімді әдісі. Диаметрі нанометрден микрометрге дейінгі талшықтардың бетінің үлкен ауданы және кеуектерінің үлкен көлемі сияқты бірегей қасиеттері бар. Электроспиннинг әдісі биомедицина, энергияны сақтау және зондтауды қоса алғанда, әртүрлі салаларда қолданылатын нанометрден микрометрге дейінгі диапазондағы талшықтарды өндіру қабілетіне байланысты сұранысқа ие әдіс болып табылады. Электроспиннинг - талшықтарды өндірудің ең жақсы әдістерінің бірі ретінде белгілі қарапайым әдіс. Алғаш рет 1934 жылы Formhal хабарлаған бұл әдіс мақсатты нысандағы полимерлі талшықтардың түзілуін бақылау үшін электр зарядын пайдаланды. Бұл техникада биологиялық ыдырайтын, ыдырамайтын, табиғи заттар және осы полимерлердің қоспасы болуы мүмкін әртүрлі полимерлі ерітінділер бар. Электроспиннинг үшін қарапайым жабдық қажет. Бұл жабдық жоғары вольтты қуат көзінен, сорғы иіргішінен және коллекторлық блоктан жасалған. Бұл әртүрлі ультра жұқа полимерлі композиттерді сәтті өндіруге әкеледі. Бұл әдіс электроника, химия және физика сияқты салаларда ауқымды зерттеулерге түрткі болды. Электроспиннинг әдісі арқылы материалдар өндіру көптеген салаларда өте перспективалы болып табылады [2]. Электроспиннинг әртүрлі полимерлері бар көптеген үздіксіз талшықтарды шығара алатын салыстырмалы түрде қарапайым әдісті қамтиды. Электроспиннинг параметрлерін мұқият басқару арқылы талшықтардың диаметрін, құрамын және бағытын анықтауға және қолдану үшін бейімдеуге болады. Әртүрлі морфологияларды электроспиннинг процессін дұрыс таңдау және әртүрлі процесс параметрлерін пайдалану арқылы да алуға болады. Электроспиннингті орнатудың үш негізгі құрамдас бөлігі – жоғары вольтты қуат көзі, шприц және жерге тұйықталған коллектор ретінде әрекет ететін электрод. Кернеу әдетте 5-50 кВ диапазонында болады. Полимер ерітіндісі немесе полимер балқымасы – иіру ерітіндісі болып табылады. Ол шприцке салынып, жоғары кернеу болған кезде деформацияланады. Беттік кернеудің жоғарылауымен иненің жоғарғы жағында зарядталған тамшылар пайда болады. Кернеу жоғарылаған сайын, итергіш күштер де күшейіп, ақырында беттік керілуден асып түседі. Бұл жоғары жылдамдықты ағынның шығарылуына әкеледі. Электростатикалық итеру сұйық ағынды үздіксіз ұзартады, ал еріткіш бір уақытта буланып кетеді. Бұл талшықтардың қатаюына және диаметрінің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі. Әртүрлі электроспиннинг параметрлерін өзгерту арқылы талшықтардың қасиеттерін, сондай-ақ морфологиясын ауыстыруға болады [3].



6 сурет - Электроспиннингтің схемалық диаграммасы [3]

## 1.5 Электроспиннинг әдісі арқылы талшықты материал алу

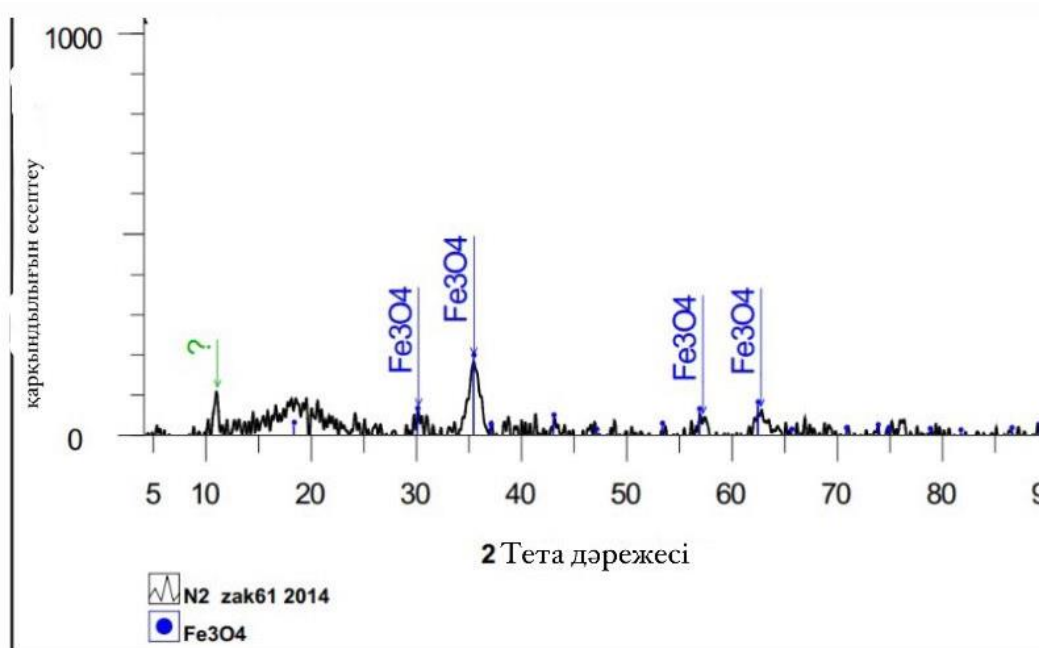
### 1.5.1 Электроспиннинг арқылы алынған әртүрлі талшықты материалдар және қолданылуы

Электроспиннинг әдісін қолдана отырып әртүрлі қолданыстағы талшықты материалдарды алуға болады. Мысалы,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  және  $\text{SiO}_2$  бөлшектерінен тұратын полисульфонды талшықтарды синтездеу үшін электроспиннинг әдісі қолданылды. Мақсаты супер гидрофобты, өзін-өзі тазартатын және бактерияға қарсы қасиеттері бар талшықты дайындау.  $\text{TiO}_2$  және  $\text{ZnO}$  бөлшектерінің әрқайсысы ерекше фотокаталитикалық қасиеттерімен сипатталады. Жарық пен ылғал болған кезде бұл бөлшектер ластану мен органикалық қосылыстарды ыдыратып, беттердің ластануын болдырмайды. Сонымен қатар,  $\text{ZnO}$  бактерияға қарсы, ал  $\text{SiO}_2$  нанобөлшегі гидрофильді зат болып табылады, егер оның беті органикалық тізбектермен өзгертілсе, оны жоғары гидрофобты етуге болады. Осы үш бөлшектің жақсы ортада үйлесуі өзін-өзі тазартатын, бактерияға қарсы және супергидрофобты қасиеттерді тудыруы мүмкін [4].

Тағы бір мақалаға назар аударсақ, магнетитті электромагниттік сәулеленуден қорғайтын материал жасау үшін қоспа ретінде полимерлі талшық пайдалану ғалымдардың үлкен қызығушылығын тудырды. Полимерлі талшықтардың құрылымына магниттік бөлшектерді енгізу үшін электроспиннинг әдісін қолдану электромагниттік сәулеленуден қорғайтын материалдарды жасаудың жаңа мүмкіндіктерін ашты. Электроспиннинг әдісі кез келген еритін немесе балқитын полимерді қолдануға мүмкіндік береді. Осының арқасында электромагниттік сәулеленуден қорғаныс киімдерін

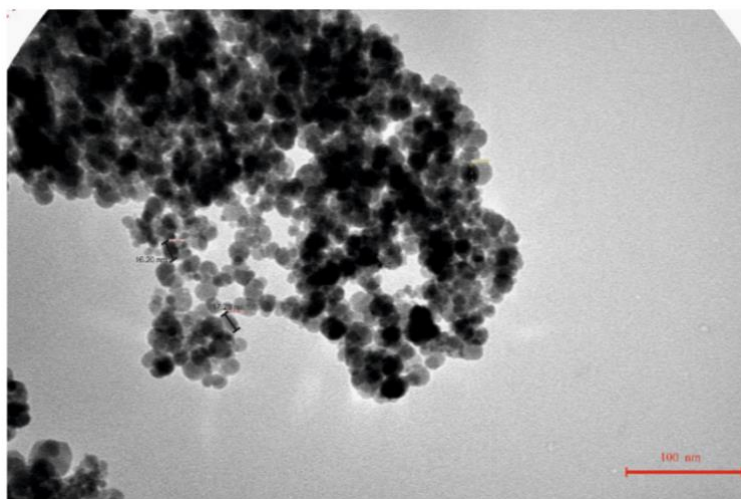
жасауға болады. Қорғаныс киімдері имплантацияланған кардиостимуляторлары бар адамдар үшін де маңызды - жүрек соғу жиілігін бақылауға арналған құрылғылар, өйткені кардиостимуляторлардың жұмысы сыртқы электромагниттік сәулеленудің әсерінен бұзылуы мүмкін. Қазіргі уақытта денені қорғау үшін металдандырылған тоқыма бұйымдары мен радар сіңіретін материалдардан жасалған киімдер қолданылады. Тәжірибелік жұмыс барысында талшық түзетін материал ретінде салмағы бойынша 3% масса пайдаланылды. Полиметилметакрилат (PMMA) бұрын синтезделген магнетит бөлшектерінің дихлорэтан қоспаларында ерітілген. Бұл қоспаны шприцке салып, иненің көмегімен теріс зарядқа және оң субстратқа жіберді. Тұрақты кернеу көзі 9-16 кВ болды. Электраралық қашықтық 30 см болды. Полимер ерітіндісі ағыны 60 л/с болды, бұл ерітіндінің оңтайлы шығу жылдамдығына сәйкес келеді және онда, барлық ерітінді талшықтарға тартылады. Талшықты композиттік PMMA/магнетиттің морфологиясы сканерлеуші электронды микроскопия (СЭМ) көмегімен зерттелді.

Алынған магнетит бөлшектерінің құрылымы мен морфологиясын рентгендік талдау және EDAX талдауы арқылы зерттеді. XRD (рентгендік дифракция) талдауының нәтижелері үлгінің текше кристалды жүйесі бар  $Fe_3O_4$  магнетитінің бір фазалы екенін көрсетеді. Үлгінің XRD үлгісі (7 сурет) жақсы нәтижеге ие, мыс сәулеленуінде алынған темір қосылыстарының дифракциялық заңдылықтарына тән [5].



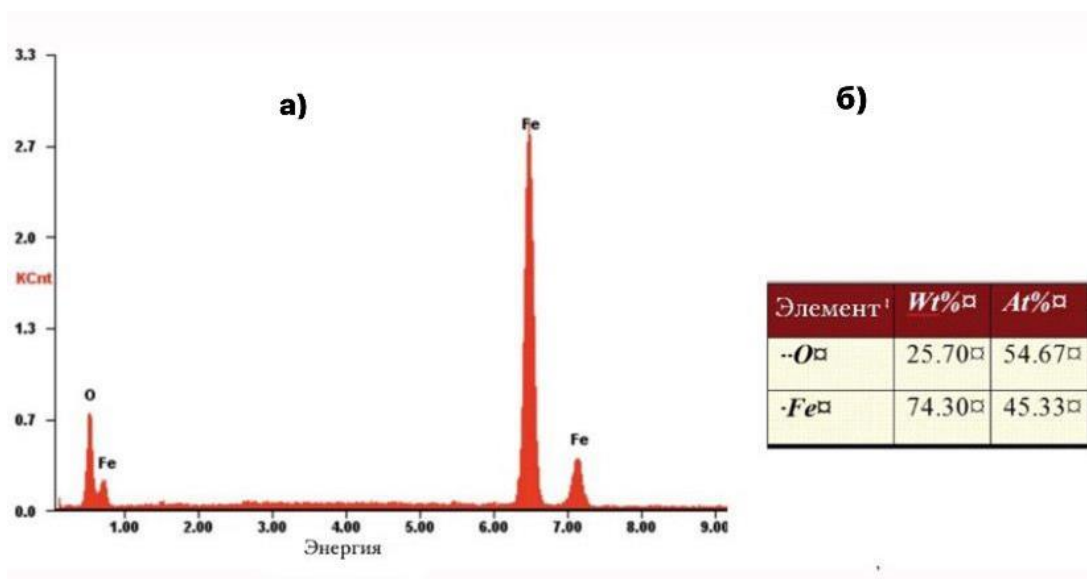
7 сурет -  $Fe_2O_4$  магнетитінің XRD үлгісі [5]

Бөлшектердің морфологиясы мен мөлшерін анықтау үшін сканерлеу және трансмиссиялық электронды микроскопия қолданылды (8 сурет).



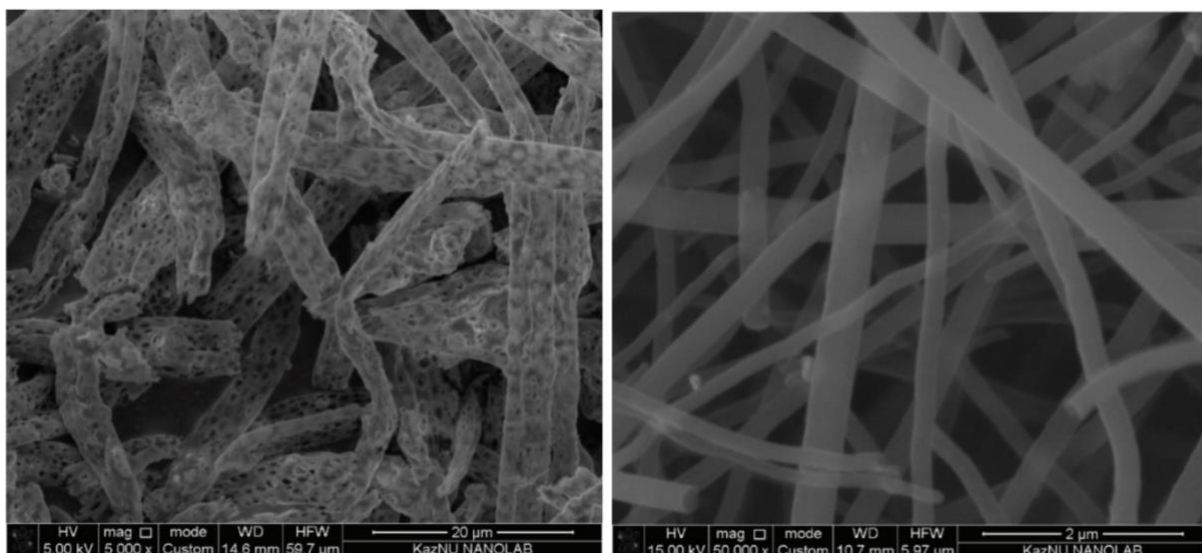
8 сурет - Магнетит нанобөлшектерінің ТЭМ кескіні [5]

СЭМ және ТЭМ кескіндерінен көрініп тұрғандай, алынған магнетит нанобөлшектері бөлшектердің өлшемдерінің біртекті диапазоны 15-30 нм болатын өнім болып табылады. 9 суретте энергия-дисперсиялық спектр және нанобөлшектердің элементтік құрамы көрсетілген.



9 сурет - Магнетиттің энергия дисперсиялық спектрі (а); элементтік құрамы (б) [5]

Магнетит нанобөлшектерінің негізінде PMMA / Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> алынған ультра жұқа композициялық талшықтар синтезделді, олар сканерлеуші электронды микроскоппен зерттелді (10 сурет).



а)

б)

10 сурет - PMMA талшықтарының СЭМ суреттері қоспасыз (а) және магнетит нанобөлшектерін қосқанда (б) [5]

СЭМ суреттерінен көрініп тұрғандай, полимер прекурсорына магнетит бөлшектерінің қосылуы алынған талшықтардың пішініне, өлшеміне және құрылымына айтарлықтай әсер етеді. Электроспиннинг әдісімен магнетитті нанобөлшектерді қосу арқылы полимерлі талшықтарды өндіру магниттік қасиеттері бар полимерлерді құрудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Сонымен қатар, полимерлердің магниттік қасиеттерін тек қорғаныш материалы ретінде ғана емес, сонымен қатар ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында да қолдануға болады.

Тәжірибе нәтижелері көрсеткендей, мақала авторлары бір сатылы электроспиннинг процесі арқылы PMMA негізіндегі көп функциялы магнитті композитті ультра жұқа талшықтарды сәтті дайындады. Дайындау техникасы қарапайым болды, ал қолданылатын материалдар арзан болды [5].

Микробқа қарсы биополимерлі композиттік талшықтарды алу үшін де электроспиннинг әдісі тиімді болып табылды. Жақында электроспиннингтен алынған полимерлік талшықтар және онымен байланысты әдістер медицинада, энергетикада және қоршаған ортаны қорғау мәселелерінде перспективті қолдану мүмкіндігі бар жаңа материалдарды алу үшін пайдаланылды. Бұл материалдардың ең тартымды белгілері морфологияға қатысты, мысалы, субмикрометриялық режимдегі талшық диаметрі, өзара бос жерлері бар жоғары кеуектілігі, үлкен беттік ауданы және т.б. Жасушадан тыс матрицаны имитациялау оларды медицинада жараларды таңғыш ретінде пайдалану үшін өте маңызды, өйткені ол тін жасушаларының жақсы адгезиясы мен пролиферациясына ықпал етеді. Осыған қарамастан, талшықты морфология тіндік жасушалардың өсуіне ғана емес, сонымен қатар патогендік микроорганизмдерге де бейім. Сондықтан биоцидтік қасиеті бар, бірақ қабылдаушы тінге цитотоксикалық әсер етпейтін полимерлі талшықтарды



жасау қажет. Осыған байланысты микробқа қарсы белсенділік танытқан органикалық қосылыстардың үлкен алуан түрлілігі полимерлерге енгізілген және микробқа қарсы талшықтарды жасау үшін электроспиннинг әдістеріне сүйенген. Бұл органикалық қосылыстардың термиялық және химиялық тұрақсыздығына байланысты тиісті кемшіліктері бар, бұл бүкіл электроспиннинг процесінде қиындықтарға әкелуі мүмкін. Сонымен қатар микробқа қарсы ыдырауына байланысты микробқа қарсы белсенділігі шектеулі талшықты төсеніштерді шығарады. Белгілі микробқа қарсы қасиеттері бар нанокұрылымдар талшықты төсеніштерді дамыту үшін пайда болды. Микробқа қарсы әсері әдеттегі органикалық заттарға қарағанда жақсырақ: антибиотиктер мен биоцидтер сияқты қосылыстар. Сол сияқты, микробқа қарсы нанобөлшектер, соның ішінде мырыш оксиді, титан диоксиді, күміс және алтын аналогтары жоғары химиялық және термиялық тұрақтылық сияқты артықшылықтарды көрсетті. Бұл бактерияға қарсы белсенділігі жақсартылған, сонымен қатар механикалық, термиялық және басқа да физикалық қасиеттері жоғары биомедициналық құрылғылардың жаңа буынына әкелуі мүмкін. Жалпы бұл контекстте микробқа қарсы полимерлі талшықтарды электроспиннинг арқылы алу тәсілдеріне және соған байланысты әдістерге қатысты ең соңғы есептер қарастырылған. Сондай-ақ биомедициналық құрылғыларды жобалауға арналған электрогидродинамикалық әдістердің және типтік полимерлердің кейбір маңызды тұжырымдамалары талқыланған [6].

Асфальтбетон қоспалары мен цементбетон - жолдар, магистральдар мен ғимараттарды салуда маңызды материалдар болып табылады және олардың өнімділігін жақсарту бойынша көптеген зерттеулер жүргізілді. Олардың ішінде талшықтар құрылыс индустриясында талшықтар мен негіздің дұрыс өзара әрекеттесуін қамтамасыз ете алатын арматуралық материалдар ретінде кеңінен қолданылады. Ол асфальтбетон және цемент құрылыс материалдарындағы талшықтардың әр түрінің сипаттамаларын, модификация әдістерін, қолдану талаптарын және зерттеу мәртебесін қорытындылайды және салыстырады. Сонымен қатар талшықтарды қолдану кезінде кездесетін мәселелерді талдайды. Бағалау нәтижелері талшықтардың әртүрлі түрлері белгілі бір дәрежеде асфальттың сынуға, созылуға және жол түзілуіне төзімділігін арттыра алатынын, жоғары температурадағы өнімділікті және асфальттың тұтқыр серпімділігін жақсарту алатынын және асфальтбетон қоспаларының шаршау беріктігі мен суға төзімділігіне белгілі бір әсер ететінін көрсетеді. Талшықтар сонымен қатар цемент бетонының созылуына, қысылуына және тозуына жақсы төзімділігін қамтамасыз етеді және кәдімгі цементтің сынғыштығы мен сынуға төзімділігін арттырады. 1960 жылдары тротуарларда талшықтарды қолдану басталды және талшықтардың қосылуы тротуарлардың жоғары температуралық өнімділігі мен төмен температурадағы жарықшақтарға төзімділігін айтарлықтай жақсарту алатыны анықталды. Қолданылатын негізгі талшықтарға бейорганикалық талшықтар, табиғи талшықтар және полимерлі талшықтар жатады. Мысалы, табиғи

талшықтар жоғары беріктендіру қасиеттерімен және жоғары меншікті бетінің ауданымен сипатталады. Сол сияқты бейорганикалық талшықтар тұрақтылықпен және жоғары температураға төзімділікпен сипатталады, ал полимерлі талшықтар жоғары соққыға төзімділікпен, коррозияға төзімділікпен және химиялық тұрақтылықпен сипатталады. Талшық жол материалдарының өнімділігін жақсарту алатынына қарамастан, оның қолданылуының артуымен талшықты модификацияланған жабынның проблемалары бірте-бірте ашылады. Оларға табиғи талшықтар мен бейорганикалық талшықтардың нашар жоғары температуралық қасиеттері, базальт талшықтарының тұрақсыз механикалық қасиеттері және полимерлі талшықтардың тегіс және инертті беті жатады. Нәтижесінде талшықтың композиттік өнімділігі нашар болады. Осы проблемаларды жеңу және талшық негізіндегі жол материалдарының өнімділігін арттыру, талшықтың бетін өзгерту үшін химиялық және физикалық модификациялау әдістері қолданылады. Талшықтарды физикалық түрлендірудің негізгі әдістері - плазма, ультракүлгін (УК) және термиялық өңдеу [7].

Жақында жасалған ең маңызды нанотехнологиялық өнімдердің бірі наноқұрылымды мембраналар болып табылады. Бұл зерттеу әртүрлі араластыру қатынасында дайындалған полиамид-6 (РА6) және целлюлоза ацетаты (СА) полимерлі қоспаларынан сүзгі материалы ретінде пайдаланылатын наноталшықты мембраналарды өндіруге бағытталған. Зерттеуде, біріншіден, осы РА6 және СА полимерлі қоспаларынан наноталшықты мембраналарды алу үшін электроспиннинг процесінің параметрлерін анықтау үшін алдын ала эксперименттер жүргізілді. Содан кейін осы полимер қоспаларынан ерітінділер дайындалды және осы дайындалған ерітінділерден электроспиннинг әдісімен нанофибрлі мембраналар алынды. Соңында РА6 мен СА ерітінділерінің тығыздығын, электр өткізгіштігін және тұтқырлығын өлшеу және наноталшықты мембраналардың қалыңдығы мен беріктігіне сынақтар жүргізілді. Сонымен қатар, мембраналардың орташа наноталшық диаметрлері есептелді. Электроспиннинг әдісімен алынған мембраналар құрылымындағы наноталшықтардың орташа диаметрі 150 - 300 нм аралығында екені анықталды. Нәтижесінде алынған материалдардың SEM кескіндері бойынша тегіс және өте жұқа наноталшықтар түзілгені байқалды. РА6 және СА полимер ерітіндісіндегі СА араластыру коэффициенті жоғарылаған сайын ерітіндінің өткізгіштігі төмендегені және сәйкесінше талшық диаметрі жұқа болғаны анықталды [8].

Алкинді поликарбодимидтердің шағын сериясы электроспиннинг әдісімен мұқият зерттелді. Диаметрі 446 нм-ден 3,3 мкм-ге дейінгі талшықтарды қоса, әртүрлі ұзартылған морфологияларды жасау үшін пиридин, дихлорэтан және тетрачлорэтан сияқты еріткіштері қолданылды. Еріткіш таңдау алкинмен аяқталатын алкил кулондары бар арнайы поликарбодимидті магистральдық құрылымға байланысты болды. Сканерлеуші электрондық микроскоп (SEM) арқылы үздіксіз талшықтар

туралы зерттеулермен қатар, концентрация мен ерігіштік мәселелерінен туындауы мүмкін жарты шарлар мен түйіршіктер сияқты қосалқы құрылымдарды табу үшін оптикалық микроскопияны да қолданды. Негізгі қорытынды - қатты егілген алкил поликарбодиимидтер дискретті талшықтарды түзуге бейім болды, яғни n-гексил және n-додецил бүйірлік тізбектерінің болуы электроспинингті жеңілдетуі мүмкін. Тұтастай алғанда, функционалды топтары бар өзгертілетін икемді кулондарды тасымалдайтын қатты полимерлі тіректер көміртекті талшықтарды және жаңа дәрі-дәрмек жеткізу платформаларын әзірлеу сияқты әртүрлі материалтану қолданбалары үшін өте маңызды болып көрінді. Электроспиннинг полимер ерітіндісіне немесе балқымаға электрлік күштерді қолдану арқылы диаметрі нанометрлік ультра жұқа талшықтарды алудың жан-жақты техникасы екені белгілі. Электроспиннинг кезінде полимер тамшыларының ұзаруы әдетте үздіксіз талшықтарға әкеледі. Акрилонитрил негізіндегі сополимер және көміртекті біріктірілген полистирол композиттері сияқты әртүрлі полимерлі құрылымдар бірнеше атау үшін зерттелді. Маңыздысы, жоғары беттік-көлемдік қатынасы бар электроиірінді талшықтар да медициналық қолдануда, соның ішінде көлік және дәрілік заттарды шығаруда кеңінен зерттелген.

Поликарбодиимидтік морфологияларды алу үшін жоғары вольтты қуат көзінен, шприцті сорғыдан және алюминий фольгамен жабылған тот баспайтын болаттан жасалған пластина коллекторынан тұратын электроспиннинг аппараты пайдаланылды. Әдетте, шприц сорғысына толтырылған полимер ерітіндісі иненің ұшында тамшылар пайда болады, олар жоғары кернеу кезінде ағындарға айналады. Ерітінді ағындары алюминий фольгамен жабылған металл коллектор бетіне жеткенде, еріткіш әдетте тоқыма емес полимер талшықтарынан кілемшелерді алу үшін буланады. Әрі қарай, талшықтар алюминий фольгадан жиналып, жабық пластик қапшықта сақталды. Тұтастай алғанда, полимердің магистральдық құрылымы, таңдау еріткіші және концентрациясы сияқты параметрлердің салыстырмалы әсерлерін түсіну спиральді полимерлердің осы сирек түрінен электроиірілетін талшықтар үшін тиімді болуы мүмкін. Осылайша, электроспиннинг полигуанидин негізіндегі жақсы анықталған талшықтарды алудың перспективалы әдісі болып көрінді, бірақ бұл әдіс микросфералар және «жіптегі микросфералар» сияқты жағымсыз жанама өнімдерді болдырмау үшін дәл зерттеуді қажет етеді.

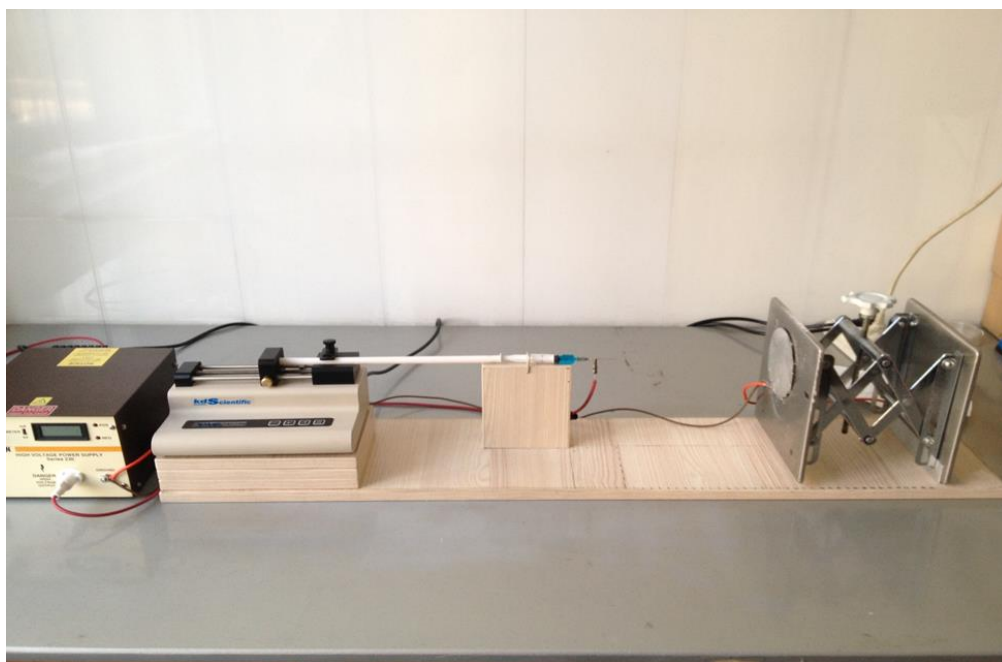
Қорытындылай келе, алкинді поликарбодиимидтерден алынған өте біркелкі талшықтарды алу үшін электроспиннингті қолданудың орындылығын көрсету үшін біз айнымалы сегіз құрылымдық әр түрлі тіректерді зерттедік. Нәтижесінде, n-гексил- және n-додецил бүйірлік тізбектері бар поликарбодиимидті магистральді қолдану арқылы алғаш рет нано және микро өлшемді үздіксіз талшықтар сәтті жасалды. Сыналған еріткіштердің ішінде, яғни дихлорэтан, тетрахлорэтан және пиридин, соңғысы біркелкі тоқыма емес талшықтарды қалыптастыру үшін маңызды болып табылатын жоғары концентратты ерітіндіні дайындау үшін ең қолайлы болып көрінді. Осылайша,

электроспиннинг алкинді поликарбодиимидтерге негізделген реттелетін фибриллярлық морфологияларға қатысты масштабталатын және арзан тәсіл болып шықты, бұл кеңейтілген полимерлік композиттерді одан әрі функционалдықтандыру және жобалау үшін мүмкіндіктер ашады [9].

## 2 ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ

### 2.1 Электроспиннинг әдісімен талшықты материалдарды өндіруге арналған ғылыми-зерттеу қондырғысы

Тәжірибе жүргізу үшін тәжірибелік қондырғы құрастырылды, оның негізгі құрамдас бөліктері Бертан 230-30R сериялы жоғары вольтты қуат көзі, KDS100 шприц сорғысы, инесі бар бір рет қолданылатын шприц ұстағышы және қабылдау үстелі болып табылады. Процесс кезінде диаметрі 0,6 мм ине пайдаланылды. Иненің цилиндрлік ұшы тегіс болуы үшін қиғаш ұшы кесілді. Тарту кернеуін беретін сым инеге қосылды, ал тарту жоғары кернеу көзінің теріс шығысына қосылған дөңгелек алюминий парағына қосылды. Парақ электр өрісінің шамасын реттеу үшін биіктігі өзгермелі көтергіш үстелге қойылды. 11-15 суреттерде зерттеу қондырғысының фотосуреттері көрсетілген.



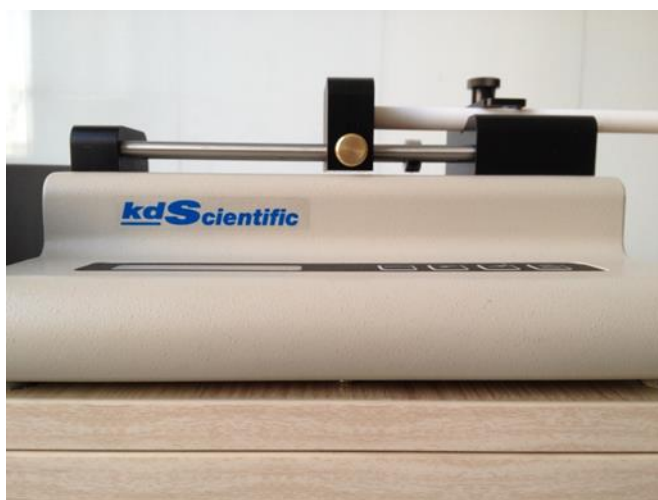
11 сурет - Ғылыми-зерттеу қондырғысы

Ғылыми зерттеу қондырғысы үшін қажетті жоғары вольтты қуат көзі 12 суретте көрсетілген.



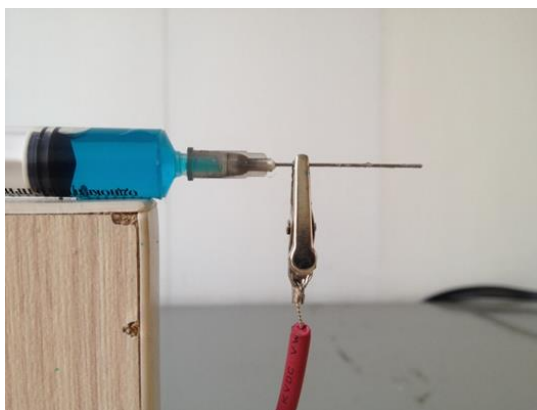
12 сурет - Бертан 230-30R сериялы жоғары вольтты қуат көзі

13 суретте ерітіндісі бар KDS100 шприціне арналған сығу сорғысы көрсетілген.



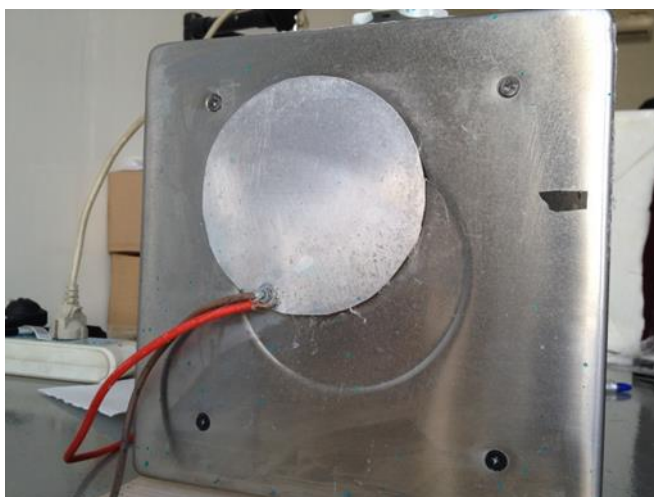
13 сурет - KDS100 шприціне арналған сығу сорғысы

Дайындалған ерітіндіні қолдануға арналған шприц 14 суретте көрсетілген.



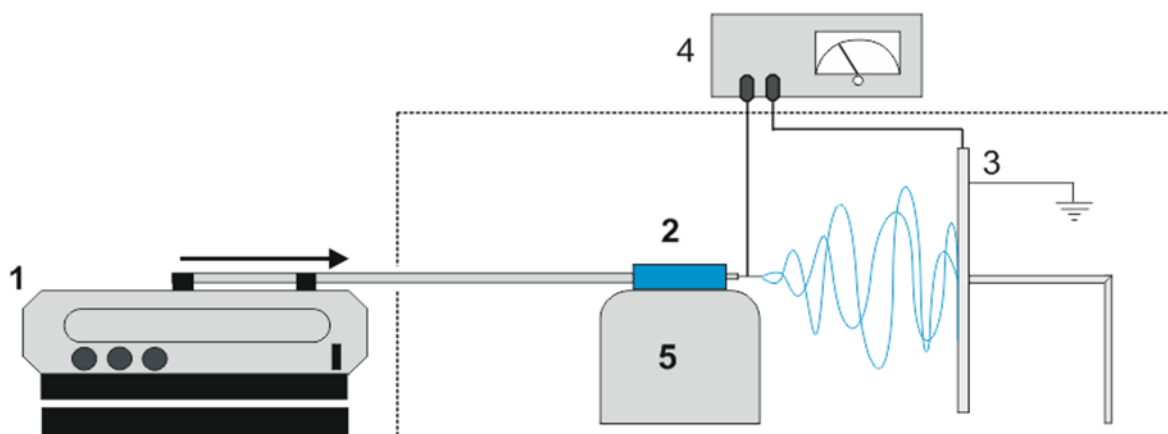
14 сурет - Инесі бар шприц

Келесі суретте шприцтен тартылған талшықтарды қабылдау парағы көрсетілген.



15 сурет - Қабылдау үстелі

16 суретте электроспиннинг әдісімен талшықтар алынған тәжірибелік қондырғының схемасы көрсетілген.



16 сурет - Электроспиннинг әдісімен талшықтарды алуға арналған тәжірибелік қондырғының схемасы.

1 – Экструзиялық сорғы, 2 – инесі бар шприц, 3 – қабылдау үстелі, 4 – жоғары кернеу көзі, 5 – шприц ұстағыш

### Ерітінді дайындау

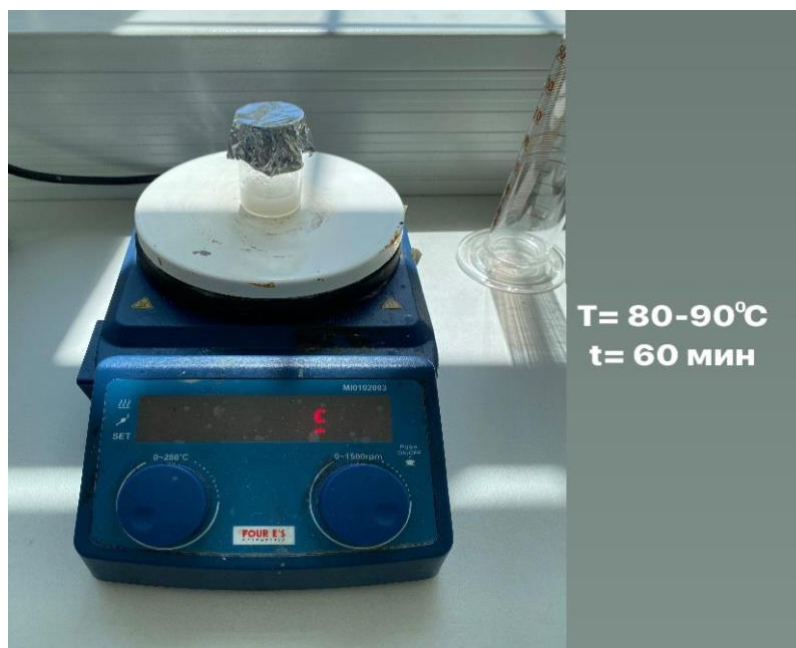
Ерітінді жасау үшін 3,25 г спирт, 0,75 г мыс ацетаты және 1 г поливинил спирт қажет. Қажетті реагенттер 17 суретте көрсетілген.



17 сурет - Негізгі реагенттер

Қажетті реагенттерді қолдана отырып, ерітіндіні қыздырылған магниттік араластырғышта 80-90<sup>0</sup>С-та 1 сағат бойы дайындаймыз (18 сурет).





18 сурет - Қыздырылған магниттік араластырғышта дайындау

## 2.2 Талшықты құрылымдарды талдау

Түзету эксперименттерінде полимерлер ретінде поливинил спирт және поливинилпирролидон пайдаланылды. Орташа тұтқырлық ерітіндісін алу үшін кеңейтілген поливинилпирролидон бөліктері органикалық еріткіште ерітілді. Тұтқырлық жоғары кернеудің әсерінен ағынның ұзаруын қамтамасыз ететіндей болуы керек. Ерітінді сұйықтықтың өз салмағының әсерінен тік инеден ағу үшін пайдаланылғандықтан, тұтқырлық тым төмен болмауы керек, сондықтан капиллярлық күштер ерітінді салмағын теңестіреді.

*Полистирол* - жарықтың оптикалық өткізгіштігі жоғары және механикалық беріктігі төмен, қатты, сынғыш полимер. Полистиролдың тығыздығы төмен ( $1060 \text{ кг/м}^3$ ), бүркумен өңдеу кезінде шөгу  $0,4-0,8\%$  құрайды. Полистирол диэлектрлік қасиеттерге және жақсы аязға төзімділікке ие ( $-40^\circ\text{C}$  дейін). Оның химиялық төзімділігі төмен (сұйылтылған қышқылдар, спирттер және сілтілерден басқа).

*Поливинил спирті* (PVA) суда еритін синтетикалық зат болып табылатын, қабық түзетін қасиеті бар сызықтық термопластикалық полимер. Ол макромолекулаларда тармақтардың, ацетаттың (салмағы бойынша  $0,1 - 3\%$ ) және вицинальды ОН топтарының ( $1 - 2$  моль.%) болуымен сипатталады. Су тектік байланыстармен байланысқан гидроксил топтарының болуына байланысты ол жоғары полярлыққа ие. Балқу температурасы  $225-230^\circ\text{C}$ , ыдыраудың басталу температурасы  $160-170^\circ\text{C}$ , жылдам ыдырау температурасы шамамен  $230-240^\circ\text{C}$ .

*Поливинилпирролидон* (PVP) - фармацевтика саласында кеңінен қолданылатын қосалқы заттардың бірі болып табылады.

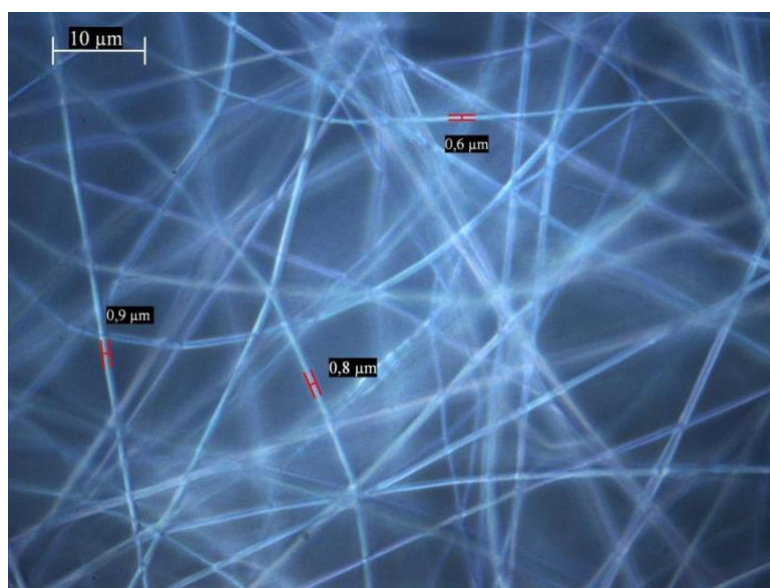
Поливинилпирролидон суда өте жақсы ериді және су молекулаларын сіңіру қабілетіне ие.

*Полиакрил қышқылы* (РАА) - ақ ұнтақ. Жойылу температурасы 230°C. Полиакрил қышқылы суда, формаидте, диметилформаидте, диметилсульфоксидте, метил спиртінде ериді; оның мономерінде, хлороформада, ароматты көмірсутектер мен кетондарда және сусыз диоксанда ерімейді.

*Полиэтилен оксиді* (РЕО) - термопластикалық полимер, молекулалық салмағына қарай ол екі топқа бөлінеді. Біріншісі молекулалық массасы 200-ден 40000-ға дейін болатын полиэтиленгликольдер, тығыздығы 1125 кг/м<sup>3</sup> суда толық еритін сұйық заттар. Молекулярлық массасы жоғары полиэтиленгликольдер - тығыздығы 1200 кг/м<sup>3</sup> дейінгі балауыз тәрізді заттар. Соңғысының молекулалық салмағы 40 000-нан 107-ге дейін. Ол өте жоғары кристалдылық дәрежесіне ие.

Алынған талшықтарды оптикалық микроскоп арқылы зерттедік. Оптикалық микроскоп - үлгінің көзге көрінбейтін құрылымдық бөліктерін бірнеше есе үлкейтіп көрсететін оптикалық құрылғы.

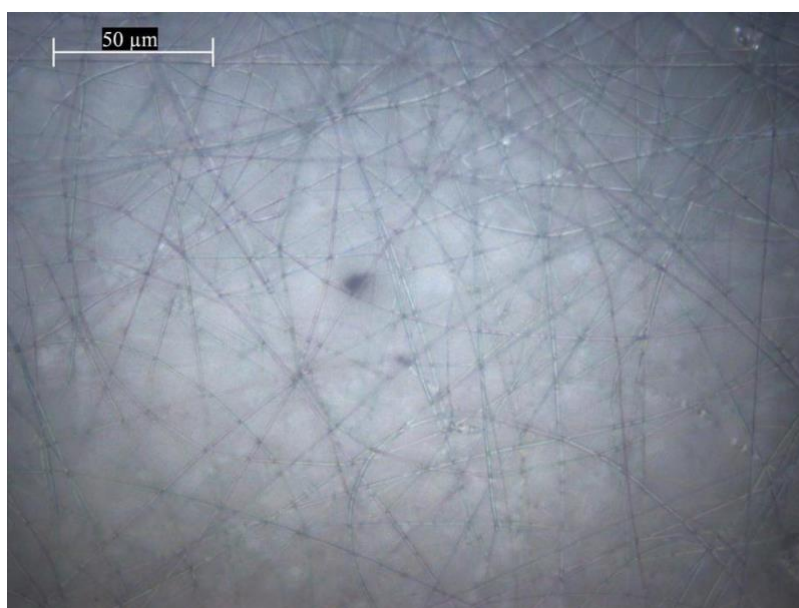
19-21 суреттерде оптикалық микроскопқа түсірілген полимер мен мыс ацетаты ерітіндісінің суреттері көрсетілген.



19 сурет - Оптикалық микроскоп көмегімен алынған полимер мен мыс ацетаты ерітіндісінің оптикалық кескіні



20 сурет - Жоғарғы жағындағы масштаб жолағы 100 мкм-ге сәйкес талшық суреті



21 сурет - Масштабы 50мкм болатын талшықтың суреті

Осылайша, зерттеу барысында үздіксіз режимде электроспиннинг әдісімен талшықтарды алудың технологиялық шарттары әзірленді.

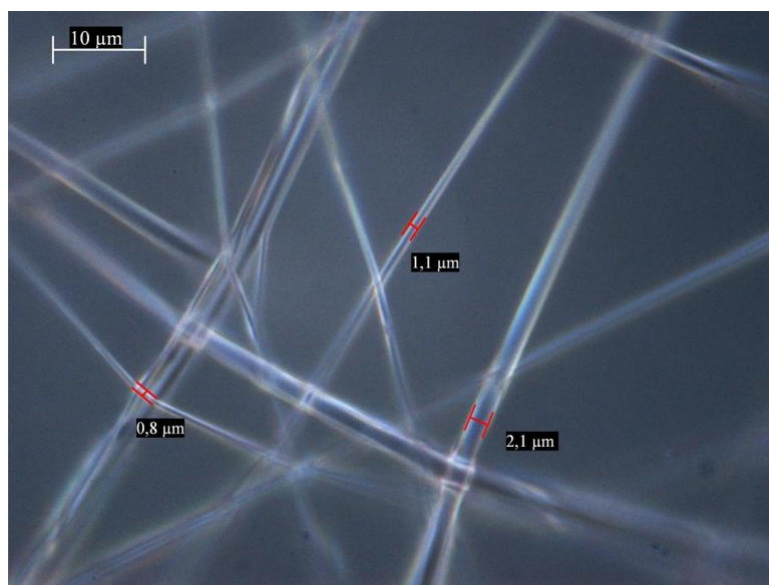
Алынған үлгілерді салыстыру мақсатында полимер мен кобальт нитраты негізінде ерітінді дайындап, олардың нәтижелерін өзара салыстырдым. Ерітінді дайындау үшін 4 г спирт, 2 г поливинил спирт, 1 г кобальт нитраты қажет болды.

22 суретте қыздырылған магниттік араластырғышта полимер мен кобальт нитраты ерітіндісінің дайындалу процесі көрсетілген.

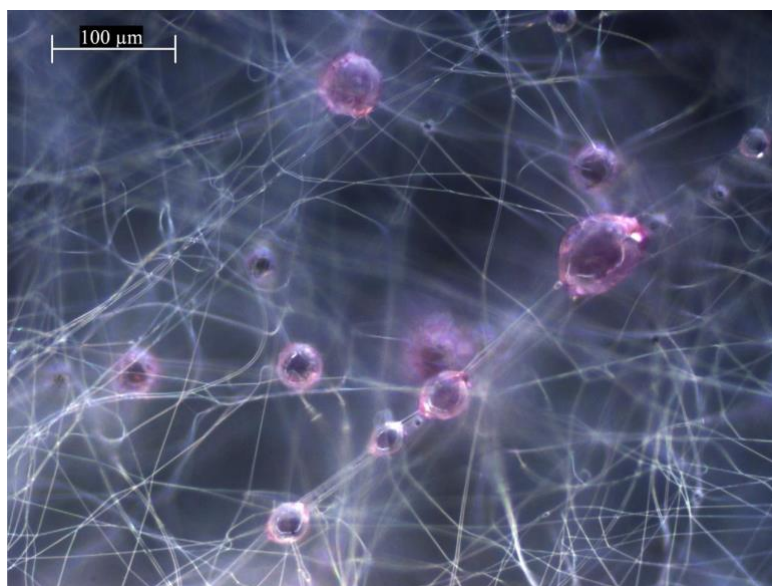


22 сурет - Полимер мен кобальт нитраты ерітіндісін дайындау

23 суретте ерітіндіден алынған талшықтардың әртүрлі масштабтағы суреттері көрсетілген.



a)



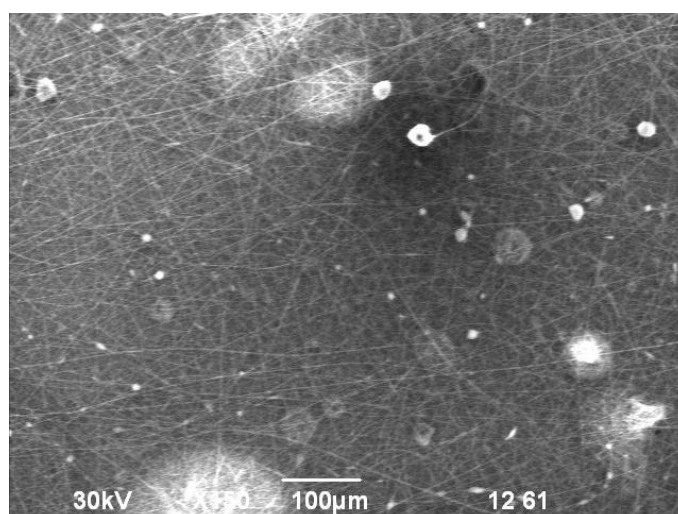
б)

23 сурет - Оптикалық микроскоп арқылы алынған ерітінді нәтижесі, масштабты 10мкм (а), масштабты 100мкм (б)

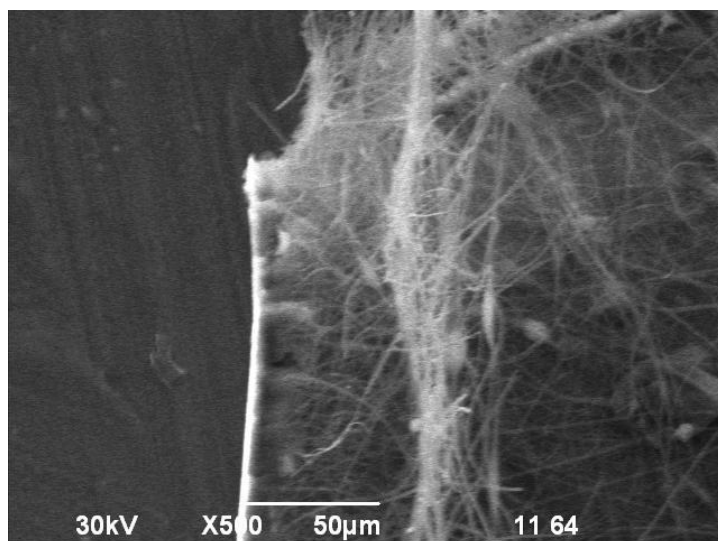
### 2.3 Алынған талшықтардың СЭМ бойынша нәтижелері

PVA-AcCu талшықтарын алу үшін мыс ацетаты ұнтағы спиртте ерітілді. Алынған мыс ацетатының концентрлі сулы ерітіндісіне 98-99% PVA полимер түйіршіктері қосылды. Еріту қыздырылған магниттік араластырғышта ~80-90°C температурада 60 минут бойы жүргізілді. Талшықты тарту процесі 20 кВ кернеумен 1 кВ/см ретті электр өрісінде 25 минут бойы жүргізілді.

24 суретте SEM көмегімен алынған түпнұсқа үлгілердің микросуреттері көрсетілген.



а)

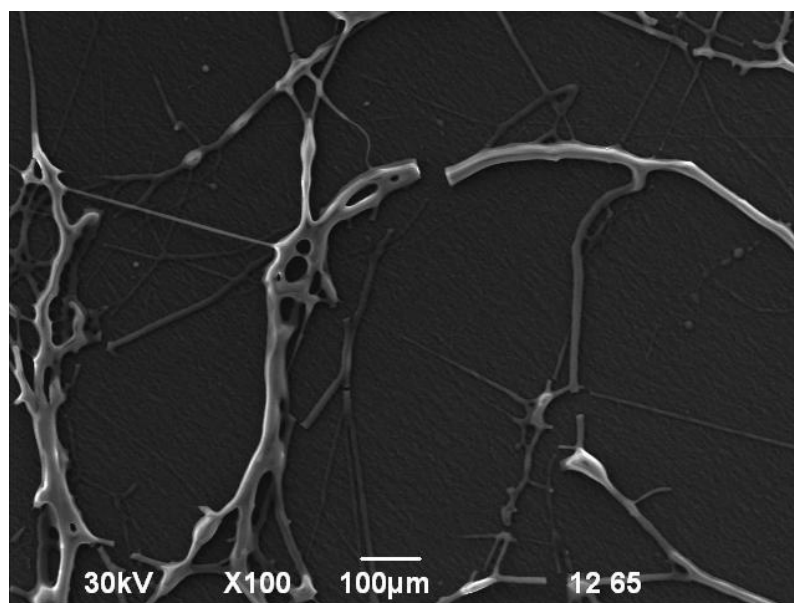


б)

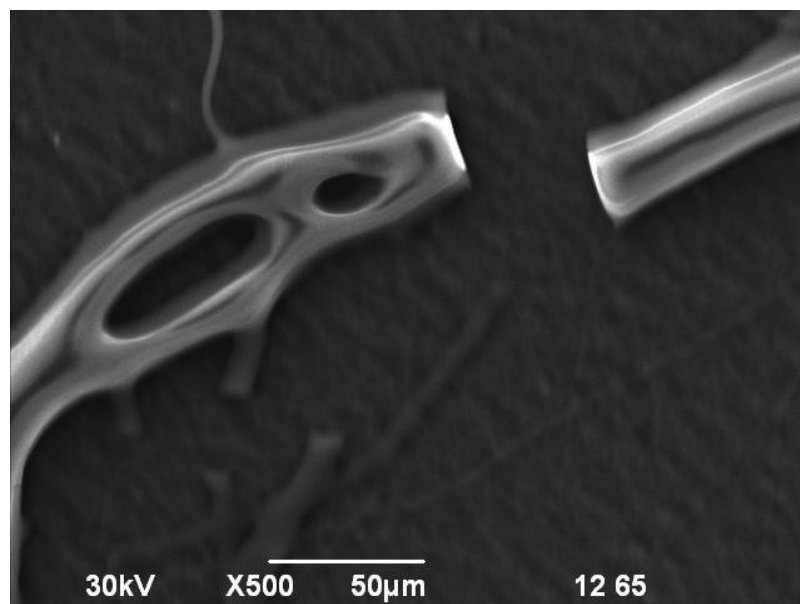
24 сурет - PVA-AcCu талшықтарының бастапқы үлгісі: масштабы 100мкм (а), масштабы 50мкм (б)

Нәтижесінде процесті үздіксіз режимде ұйымдастыруға мүмкіндік беретін талшықтарды алудың параметрлері мен режимдері анықталды. PVA+AcCu және қалпына келтірілген мыс құрамды талшықтардың үлгілері алынды.

Салыстырмалы түрде полимер мен кобальт нитраты негізіндегі ерітіндіден алынған талшықтардың беттік морфологиясы келесі суретте бейнеленген (25 сурет).



а)



б)

25 сурет - СЭМ арқылы анықталған полимер мен кобальт нитраты ерітіндісінен алынған талшық суреті: масштабы 100мкм (а), масштабы 50мкм (б)

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жалпы қорытындылай келе бұл жұмыста талшықты материалдар туралы ақпараттар қарастырылды. Талшықты материалдарды алу үшін тиімді әдіске талдау жүргізілді. Соның ішінде электроспиннинг әдісімен талшықтар алу туралы әдебиет деректерге жалпылама шолу жүргізілді. Полимерлерді синтездеуге арналған инфрақұрылым мен жабдықтар құрылды, талшықты материалдарды бақылайтын тәжірибелік әдістер дайындалды. Тәжірибелік жұмыс үшін арнайы қондырғы дайындалды. Дайындалған қондырғы арқылы поливинил спирті мен мыс ацетаты ерітіндісінен талшықтар алынды. Ерітінді үшін 65% спирт, 20% поливинил спирті, 15% мыс ацетаты қолданылды. Бұл ерітіндіден алынған талшықтарды салыстыру мақсатында полимер мен кобальт нитраты ерітіндісінен талшық алынды. Ол үшін 57% спирт, 28% поливинилпирролидон және 15% кобальт нитраты қолданылды. Алынған талшық нәтижелері оптикалық микроскоп пен СЭМ нәтижелері бойынша талданды. Алынған үлгілердің концентрациясы, алыну уақыты әртүрлі болды. Сәйкесінше нәтиже бойынша талшықтардың қалыңдығы да, құрылымы да әртүрлі болды.



## **ҚЫСҚАРТУЛАР МЕН БЕЛГІЛЕУЛЕР**

**ӨП** - өткізгіш полимер

**СЭМ** - сканерлеуші электронды микроскоп

**СА** - целлюлоза ацетаты

**PVA** - поливинил спирті

**GO** - графит оксиді

**УК** - ультракүлгін

**PMMA** - полиметилметакрилат

**ТЭМ** - трансмиссиондық электронды микроскоп

**XRD** - рентгендік дифракция

**EDAX** - энергетикалық дисперсиялық рентгендік спектроскопия

**РА6** - полиамид - 6

**FTIR** - Фурье түрлендіру инфрақызыл спектроскопиясы

**PVP** - поливинилпирролидон

**РАА** - полиакрил қышқылы

**PEO** - полиэтилен оксиді

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

1 → Kim, H. S. 'Relationship Between Fiber Orientation Distribution Function and Mechanical Anisotropy of Thermally Point-Bonded Nonwovens.' *Fibers And Polymers* 5(3): 177–181.

2 → E. Hadipour-Goudarzi, M. Montazer, M. Latifi, A.A. Aghaji, Electrospinning of chitosan/sericin/PVA nanofibers incorporated with in situ synthesis of nano silver, *Carbohydr. Polym.* 113 (2014) 231–239.

3 → A. Amjad, A. Anjang Ab Rahman, H. Awais, M.S. Zainol Abidin, J. Khan A review investigating the influence of nanofiller addition on the mechanical, thermal and water absorption properties of cellulosic fibre reinforced polymer composite *J. Ind. Textil.*, 51 (1) (2022).

4 → A.V. Bazilevsky, A.L. Yarin, C.M. Megaridis Co-electrospinning of Core–Shell fibers using a single-nozzle technique A. Petri-Fink, B. Rothen-Rutishauser, M. Clift, *Fibers.* 4 (2016)

5 → Yang S et al. Electromagnetic interference shielding effectiveness of carbon nanofiber/LCP composites. *Compos Part A: Appl Sci Manuf* 2015; 691–7.

6 → N.F. Braga, D.A. Vital, L.M. Guerrini, A.P. Lemes, D.M.D. Formaggio, D.B. Tada, T.M. Arantes, F.H. Cristovan, PHBV-TiO<sub>2</sub> mats prepared by electrospinning technique: Physico-chemical properties and cytocompatibility, *Biopolymers* 109 (2018) e23120.

7 → Molenaar AAA, Xuan DX, Houben LJM, Shui ZH. Prediction of the mechanical characteristics of cement treated demolition waste for road bases and subbases. In: *Proceedings of the 10th conference on asphalt pavements for Southern Africa, KwaZulu-Natal, South Africa; 2011.*

8 → L. Cassani *et al.* Technological strategies ensuring the safe arrival of beneficial microorganisms to the gut: From food processing and storage to their passage through the gastrointestinal tract *Food Research International* (2020)

9 → J. Xue, T. Wu, Y. Dai, Y. Xia *Chem. Rev.*, 119 (2019), p. 5298  
N.C. Abeykoon, S.F. Mahmood, D.J. Yang, J.P. Ferraris  
*Nanotechnology*, 30 (2019), Article 435401