

ÇOXDIVARLI KARBON NANOBORU/POLİMER (EPOKSI, POLİPROPİLEN, XİTOSAN) KOMPOZİTLƏRİN HAZIRLANMASI VƏ ELEKTRİK XASSƏLƏRİ

GÜLNAZ QƏHRƏMANOVA^{1,2}, FƏRİDƏ ALIYEVA¹, RASİM CABBAROV^{1,2}

¹ AMEA Fizika İnstitutu, Azərbaycan, AZ-1143 Bakı ş., H.Cavid pr., 131

² NRYTN Yüksək Texnologiyalar üzrə Tədqiqat Mərkəzi,

Azərbaycan, AZ-1073 Bakı ş., İnşaatçılar pr. 4

gulnaz_qehremanova@hotmail.com

İşin əsas məqsədi karbon nanoboruların (KNB) polimer matrisinin içərisində bircins dispersiyasını həyata keçirməkdir. KNB-ların kiçik faizi ilə KNB/Polimer kompozit keçirici xassələrə malik olur. Bu işdə əsasən 3% KNB olmaqla epoksi, polipropilen və xitosan polimerlərdən ibarət kompozit təbəqələri hazırlanması göstərilmişdir. KNB-ların polimerdə az faizdə artımı elektrik keçiriciliyinin kəskin sıçrayışla artmasına səbəb olur.

Açar sözlər: çoxdivarlı karbon nanoboru, polimer, xitosan, polipropilen, epoksi, kompozit təbəqələr

PACS: 81.15.Gh, 73.63.Fg, 72.80.Tm, 71.20.Rv,

GİRİŞ

Yeni texnologiyalar daha sürətli cavab reaksiyası olan elektronik cihazlar, daha kiçik inteqral sxemlər və daha az enerji sərfiyyatı tələb edir. Belə tələblərə cavab verən innovativ materiallar siyahısında nanoborular və nanonaqillər ilk sıralardadır. Karbon nanoborular (KNB) son illərdə ən çox öyrənilən nanostrukturular arasındadır. KNB-lar grafit və almaz kimi digər karbon allotroplarından fərqli xüsusiyyətlərə malikdirlər [1]. Yapon fiziki Sumio Iijima tərəfindən 1991-ci ildə kəşf edildikdən sonra üstün xüsusiyyətləri və maraqlı tətbiqləri sayəsində global tədqiqat mövzusu olmuşdur [2]. Belə ki, elektrik, mexaniki, termik, maqnit, kimyəvi, struktur xüsusiyyətlərinə (cədvəl 1) əsasən KNB-ların çox geniş tətbiq sahələri praktik təsdiqini tapmaqdadır. Karbon nanoborular tək divardan (təkdivarlı karbon nanoborular (TDKNB)) və ya bir neçə divardan ibarət

(çoxdivarlı karbon nanoborular (ÇDKNB)) olurlar. Quruluşuna görə KNB-lar bir-birinə bağlanmış altıbucaqlı tora bənzəyən karbon atomlarından ibarətdir. Çox yüngül və yüksək Yunq moduluna malik olması da KNB-ların əhəmiyyətli xüsusiyyətlərindəndir.

Üstün fiziki, kimyəvi və mexaniki xüsusiyyətlərinə görə elm və mühəndisliyin bir çox sahələrində böyük maraq kəsb edən KNB-lar yüksək möhkəmlikli kompozitlərin, yanacaq elementlərinin, enerji çevirməsi qurğularının, çöl emissiya qurğularının, günəş istilik çevrilməsində hidrogen saxlama qurğularının və yarımkeçirici cihazların yaradılmasında geniş istifadə olunur. Eyni zamanda KNB-lar həm metallik həm də yarımkeçirici ola bilər [3]. Tədqiqatlar KNB-ların elektronların yayılmasında güclü effektiv vasitə olduğunu göstərdi. Bu səbəbdən də televiziya və ya kompüter ekranlarında istifadə oluna bilər [4].

Cədvəl 1.

KNB-ların xassələri

[Schadler, L.S. and etc. (2004). *Polymer-Based and Polymer-Filled Nanocomposites, in Nanocomposite Science and Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim*]

KNB-ların xassələri	Nəzəri/təcrübi qiymətlər
Ölçüləri	1-1.4nm TDKNB 5-100nm ÇDKNB
Sıxlığı	0.8 g/cm ³ TDKNB; 1.8 g/cm ³ ÇDKNB (nəzəri)
Xüsusi səthinin sahəsi	10–20 m ² /g
Mexaniki	
Elastiklik modulu	~1 TPa TDKNB; ~0.3–1 TPa ÇDKNB
Möhkəmlilik	50–500 GPa TDKNB; 10–60 GPa ÇDKNB
Elektrik	
Elektrik keçiriciliyi	10 ⁴ -10 ⁷ S/m (ÇDKNB)
Maksimum cərəyan sıxlığı	10 ¹³ A/m ²
Qadağan olunmuş zona	1.8-0.18 eV Yarımkeçirici TDKNB 0 eV Metallik
Yükdaşıyıcıların yüyürlük	10 ⁵ cm ² /Vsec
Termik	
Termik keçiricilik	3000Vt/m·K (nəzəri)ÇDKNB 6000Vt/m·K (nəzəri) TDKNB
Termik stabillik	>600°C (in air); 2800°C (in vacuum)

Eyni zamanda, KNB-ların əsas tətbiq sahələrindən biri də keçirici və strukturlu kompozitlərin hazırlanmasıdır. Belə ki, KNB-lar polimerlərin elektrik, möhkəmlik və absorbsiya xassələrinə güclü təsir edir. Beləliklə, KNB/polimer kompozit təbəqələri nanoelektronika, sensor texnologiyası, aerokosmos və digər sahələrdə tətbiqi araşdırılmaqdadır.

Bu işdə KNB-ların elektronikada, aerokosmosda, tibbdə və s. geniş tətbiq imkanları olan epoksi, polipropilen (PP-(C₃H₆)_n) və biopolimer olan xitosan ((C₆H₁₁NO₄)_n) polimerləri ilə kompozitlərinin hazırlanması və alınan təbəqələrin elektrik xassələri müzakirə edilmişdir.

Epoksi evdə istifadə olunan yapışqanlardan başlamış yüksək performanslı kompozitlərə qədər tətbiq olunan geniş yayılmış termosetdir. Epoksi yüksək gərilmə müqavimətinə, yüksək sərtliyə, xüsusi elektrik xassələrinə və əla kimyəvi müqavimətə malikdir və örtüklərdə, yarımkeçirici kapsullarda, aparat təminatı komponentlərində, elektron lövhə materiallarında, aviasiyada, kosmik cihazlarda və s. geniş istifadə olunan materialdır. Elektron sənayesində inteqral sxemlərin, tranzistorların və hibrid sxemlərin formalaşmasında istifadə olunan əsas materialdır. Epoksi həmçinin kondensator, diod və tranzistor kimi komponentlər üçün də istifadə olunur. Kütlələri nisbətində əsasən karbon lifli epoksi laminantın möhkəmliyi polad və alüminium ərintiləri ilə müqayisədə çox yüksəkdir. Avtomobil sənayesində epoksi əsasən yapışqan kimi istifadə olunur və beləliklə qaynağı əvəz edir. Bununla birlikdə, epoksi aşağı elektrik keçiriciliyinə malikdir. Termosetlərin yüksək çarpaz bağlanma sıxlığı təbii olaraq sərtlik və zərbə müqavimətini azaldır, bu da onu yaranan mikroçatlara qarşı həssas edir və tətbiqlərini məhdudlaşdırır. Epoksi matrisə karbon nanomateriallar əlavə etməklə həm epoksi, həm də nanomaterialların üstünlüklərini birləşdirən inkişaf etmiş materiallar hazırlanır [5].

Polipropilen (PP) ((C₃H₆)_n) polimer poliolefin ailəsinin üzvüdür və yarı kristal termoplastikdir. PP polimeri fiziki və kimyəvi xüsusiyyətlərinə əlavə olaraq hərbi, qablaşdırma sənayesi, avtomobil və inşaat kimi sahələrdə istifadə olunur, çünki digər termoplastik materiallardan daha ucuzdur. Lakin PP polimerinin aşağı

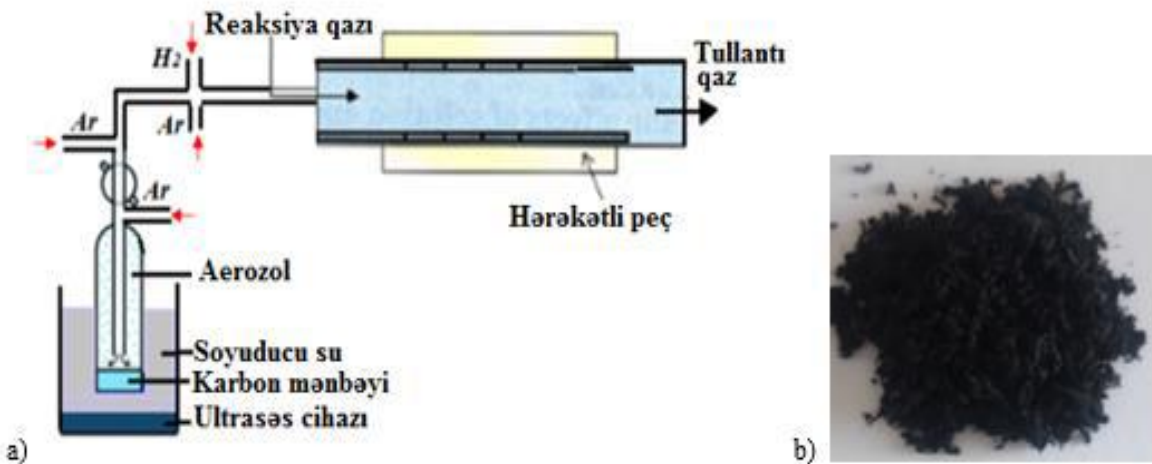
istilik, elektrik və mexaniki xüsusiyyətlərə malik olması və quru sürüşmə şəraitində digər polimerlərlə müqayisədə sürtünmə əmsalının yüksək olması onun istifadəsini məhdudlaşdırır. Çoxdivarlı karbon nanoborularının (ÇDKNB) dağılması və hizalanması (cərgə ilə düzülməsi) ilə PP xüsusiyyətlərinin artırılması əhəmiyyətli dərəcədə maraq doğurur. Belə ki, KNB əlavə edilmiş PP polimerinin elastik modulu, gərilmə müqaviməti və möhkəmliyinin artdığı müşahidə olunur [6].

Xitosan (C₆H₁₁NO₄)_n, biobirləşməyə və bioparçalanmaya malik təbii polimerdir və bərpa olunan mənbələrdən əldə edilir, selülozdan sonra ikinci ən çox yayılmış biopolimerdir. Ancaq bu polimerin istifadəsi zəif istilik keçiriciliyinə görə məhduddur. Bundan əlavə, xitosanın zəif mexaniki xüsusiyyətləri də bu polimerin istifadəsini məhdudlaşdırır. Xitosanın mexaniki gücü müxtəlif oxşar möhkəmləndirici materiallarla (qrafen, karbon lifi, karbon nanoboruları kimi) artırıla bilər [7]. Günümüzdə xitosan dərmandan qidaya, əkinçilikdən kosmetikaya, dərman məhsullarından tullantı sularının təmizlənməsinə və fotoqraflıqdan tekstil sənayesinə qədər çoxsaylı sahələrdə istifadə edilə bilər. Bitkilərin göbələk infeksiyasına qarşı mübarizə aparmasına kömək edərək toxum müalicəsi və biopestisid kimi kənd təsərrüfatında istifadə edilə bilər. Şərabçılıqda, yoxlama maddəsi kimi istifadə edilir və xarab olmanın qarşısını alır. Sənayedə öz-özünə yaxşılaşan poliuretan boya örtüyündə istifadə edilə bilər. Tibbdə qanaxmanı azaltmaq və antibakterial vasitə kimi sarğılarda faydalıdır; dərman preparatlarının dəridən sorulmasında da istifadə edilə bilər [8].

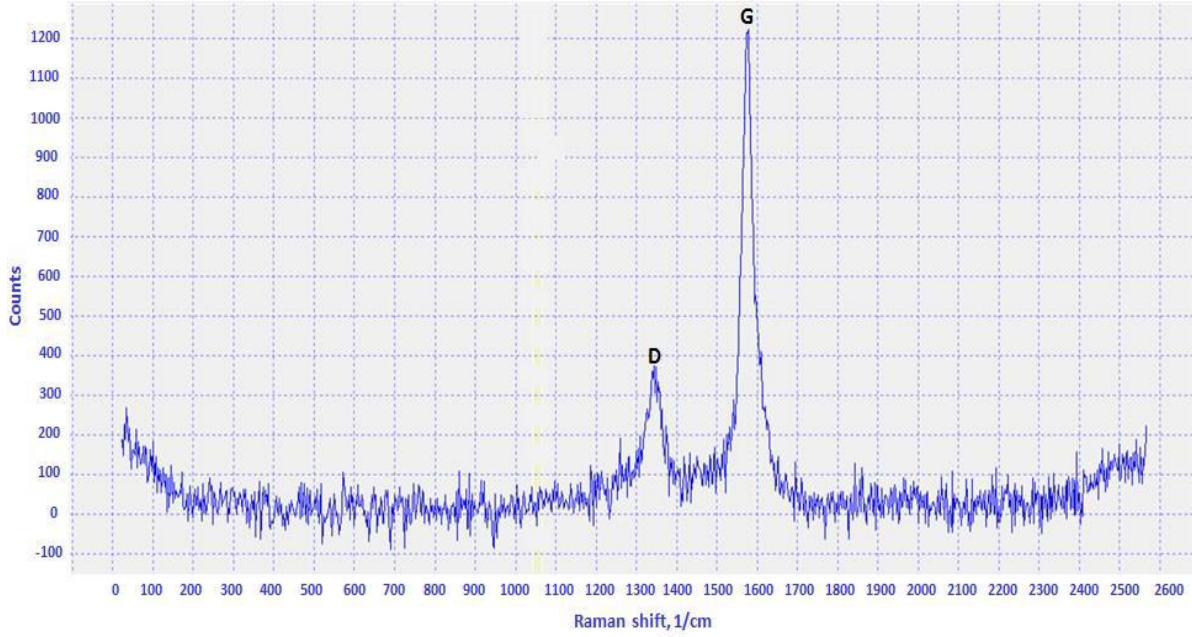
EKSPERİMENTLƏR

KNB-ların CVD üsulu ilə sintezi və analizi.

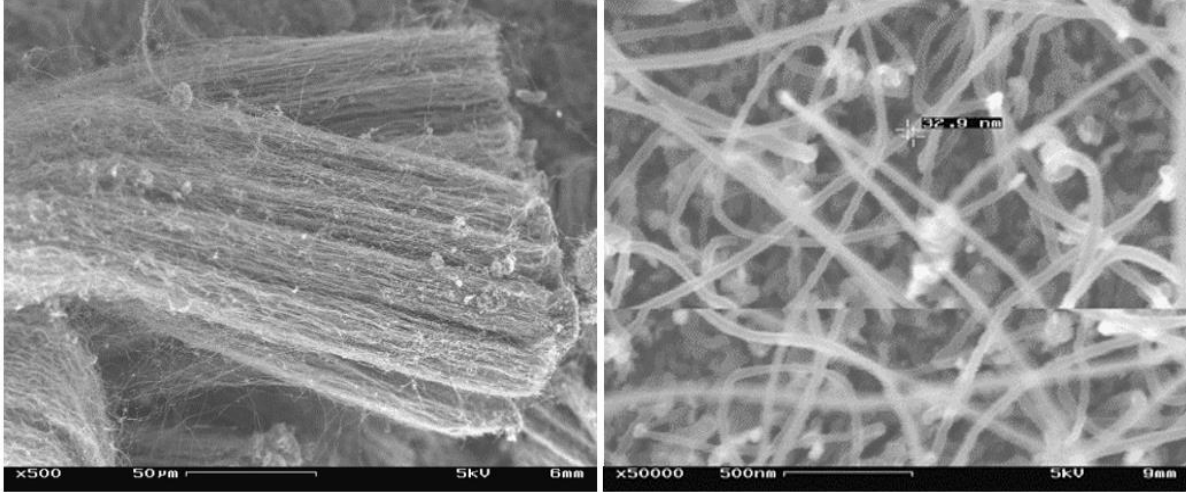
ÇDKNB-lar aerosol-CVD üsulu ilə sintez olunmuşdur (şəkil 1a). Karbon mənbəyi olaraq hidrokarbon ailəsinin üzvi olan heptan seçilmişdir və konsentrasiyada 15% olmaqla ferrium katalizatoru istifadə edilmişdir. Yüksək tezlikdə (800Hz) ultarasəs cihazı vasitəsilə hazırlanmış məhlulun aerosolu yaradılmış və hərəkətli peçin kvarts boru ətrafındakı sürəti idarə olunaaraq 920°C temperaturda H/Ar qazlarının iştirakı ilə ÇDKNB-lar sintez olunmuşdur.



Şəkil 1. Aerosol CVD-nin sxematik təsviri və ÇDKNB-ların fotosəkili.



Şəkil 2. ÇDKNB-ların Raman analizi.



Şəkil 3. ÇDKNB-ların SEM analizləri (SEM: Ziess LEO 982, Ulm Universiteti, Funksional Nanosistemlər İnstitutu, Almaniya)

Nəticədə, kvars boru daxilində sintez olunan ÇDKNB-lar H/Ar qaz axını mühitində soyudulmuş və kvars borunun daxili səthində sintez olunan KNB-lar toplanmışdır (şəkil 1b). Əldə edilən KNB-ların Raman spektroskopiyaya (532 nm) analizi aparılmışdır. KNB-ların Raman analizində meydana çıxan *G* (grafin) pikinin *D* (defekt) pikindən daha yüksək, və ya *D* pikinin intensivliyinin *G* pikinin intensivliyinə nisbətinin kiçik qiymətlərdə ($I_D/I_G < 0.5$) olması, KNB-ların strukturlarının sintez olunmasını və eyni zamanda təmizliyinin yüksək olmasını sübut edir. Bu işdə sintez olunan nümunələrdə $I_D/I_G < 0.3$ olmuşdur. (şəkil 2). Skanedici Elektron Mikroskop analizləri KNB strukturlarını və təmizliyini analiz etmək və həmçinin yüksək-miqyasda böyüdülməklə diametrini təyin etmək üçün istifadə olunan əsas analiz üzullərindən biridir. Şəkil 3-də təsvir olunmuş SEM şəkilləri də bir daha göstərir ki, sintez olunan ÇDKNB-ların təmizliyi yüksəkdir, xarici diametrləri isə 32-65 nm aralığındadır.

KNB/Polimer kompozit təbəqələrin hazırlanması və elektrik xarakteristikası.

KNB-lar kimyəvi təsirlərə az məruz qaldığından suda və üzvi mühitlərdə dispersiyası çətindir və islanmağa yüksək müqavimət göstərilir. Bu cür təsirsiz KNB-ların bir çox cihazlarda tətbiqi üçün vacib olan digər materiallarla kompozitlərinin hazırlanmasında çətinliklər yaranır. Nanoboruların uyğun funksionallaşması (yəni "kimyəvi funksiyaların" bağlanması) bu maneələrin aradan qaldırılması üçün bir strategiya təmsil edir. Bu baxımdan, polimer/KNB kompozitlərin hazırlanması KNB-ların polimerlərlə qeyri-kovalent eksohedral funksionallaşmasının bir forması kimi qəbul oluna bilər. Polimerin istilik və kimyəvi xüsusiyyətlərindən, eləcə də uyğun monomerdən sintezinin asanlıqından və s. əsli olaraq KNB/polimer kompozitlərin hazırlanmasında "Əritmə", "In-situ polimerləşmə" və "Həllətmə" kimi müxtəlif metodlar seçilir [9].

Əritmə, sənaye tətbiqetmələrində geniş miqyaslı sintezə uyğunlaşmasına görə, termoplastik KNB/polimer kompozitlərinin hazırlanmasında əlverişli seçim hesab olunur. Lakin, burada viskoz maye əmələ gətirən və axmağa məcbur olan reseptor termoplastik matris polimerləri əritmək üçün yüksək temperaturdan istifadə olunur.

In-situ polimerləşmə, hələtmə və ya əritmə metodları ilə işlənmə bilməyən, həll olunmayan və ya termal olaraq qeyri-sabit matris polimerlərinə əsaslanan kompozitlərin hazırlanması üçün yeganə uyğun variant olaraq qalır. Bu metodun polimer matrisində KNB dispersiyasının asanlaşdırılmasının təmin edilməsi baxımından fərqli üstünlükləri var.

Hələtmə, KNB/polimer kompozitlərin hazırlanması üçün ən ümumi metoddur və heç bir texnologiya tələb etmir. Qeyd etmək lazımdır ki, hələtmə metodu texnoloji və kimyəvi cəhətdən əlçatan olan və kiçik enerji sərfiyyatı ilə seçilən metod olduğundan, bu metodun texnikası polimerin həlledicilərdə həll olması ilə məhdudlaşır. Lakin, KNB/polimer kompozitlərin təbəqə formasına salınma prosesi yeni metodlar tələb edir.

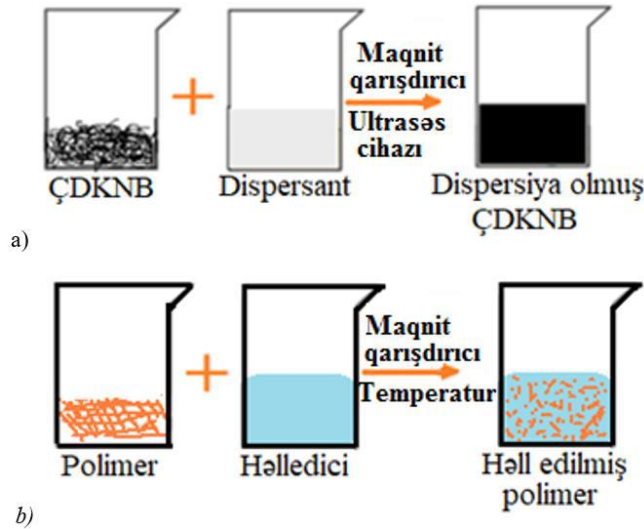
Bu işdə KNB/Polimer kompozitləri hələtmə metodu ilə hazırlanmış və elektrik xassələri analiz edilmişdir. İstifadə olunan üç polimerdən bərk halda olan polimerlərin (Xitosan və PP) üçün hələtmə metodu iki mərhələdə olmuşdur. 1-ci mərhələ “KNB-ların dispersiyası və polimerlərin həlledilməsi” adlanır (şəkil 4). Bu mərhələdə KNB öncə dispersiyaedici məhlulda otaq temperaturunda maqnit qarışdırıcı vasitəsilə

2000dövr/dəq. sürətlə 4 saat müddətində və daha sonra ultrasəs cihazında 2 saat müddətində dispersiya olunmuşdur. 2-ci mərhələ isə “KNB/Polimer kompozitinin hazırlanması” mərhələsi adlanır. Bu mərhələdə PP və Xitosan polimerinin özləri həll edilmişdir (şəkil 5).

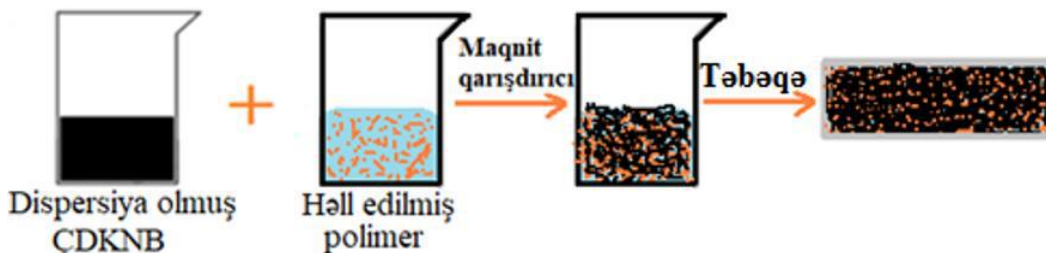
ÇDKNB/PP kompozitinin hazırlanması: PP polimeri həlledicidə (həlledicinin seçilməsindən asılı olaraq (toluol, ksilol və s.)) 120-130°C temperaturda maqnit qarışdırıcı vasitəsilə 4000 dövr/dəq. sürətlə 3 saat müddətində həll edilmişdir. 2-ci mərhələdə isə dispersiya olunmuş KNB-lar PP polimerinin məhluluna əlavə edilərək yenidən maqnit qarışdırıcı ilə 4000 dövr/dəq. sürətlə 4 saat müddətində qarışdırılaraq KNB-ların PP polimerində bircins paylanması təmin edilmişdir.

ÇDKNB/Xitosan kompozitinin hazırlanması: Bu zaman xitosan otaq temperaturunda həlledicidə (2%-lik sirkə turşusu) 4000 dövr/dəq. sürətlə 4 saat müddətində qarışdırılaraq həll edilmişdir. Daha sonra, yuxarıda qeyd edildiyi kimi, KNB xitosan məhluluna əlavə edilərək 4000 dövr/dəq. sürətlə 4 saat müddətində qarışdırılaraq KNB-ların Xitosan polimerində bircins paylanması təmin edilmişdir.

ÇDKNB/Epoksi kompozitinin hazırlanması: Epoksi bərk halda olmadığından, bu kompozitin hazırlanmasında polimerin həlledilmə mərhələsinə ehtiyac olmur. Birbaşa 2-ci mərhələyə keçid edərək eyni qayda ilə 4000 dövr/dəq. sürətlə 4 saat müddətində kompozit hazırlanmış və sonda 1/10-i nisbətində bərkləşdirici əlavə edilərək daha 3 dəqiqə maqnit qarışdırıcıda qarışdırılmışdır.



Şəkil 4. 1-ci mərhələ: KNB-ların dispersiyası (a) və polimerlərin həlledilməsinin (b) sxematik təsviri (rənglər şərtidir).



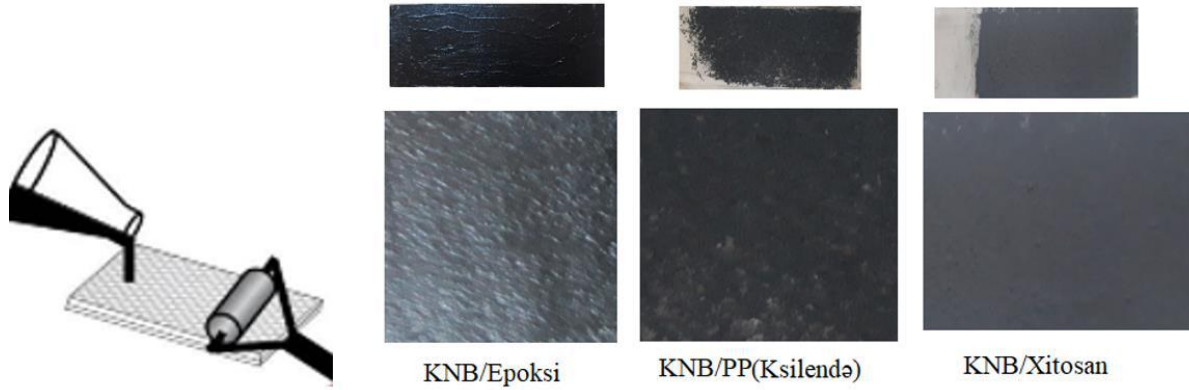
Şəkil 5. 2-ci mərhələ: KNB/Polimer kompozitinin hazırlanmasının sxematik təsviri (rənglər şərtidir).

COXDIVARLI KARBON NANOBORU/POLİMER (EPOKSI, POLİPROPİLEN, XİTOSAN) KOMPOZİTLƏRİN...

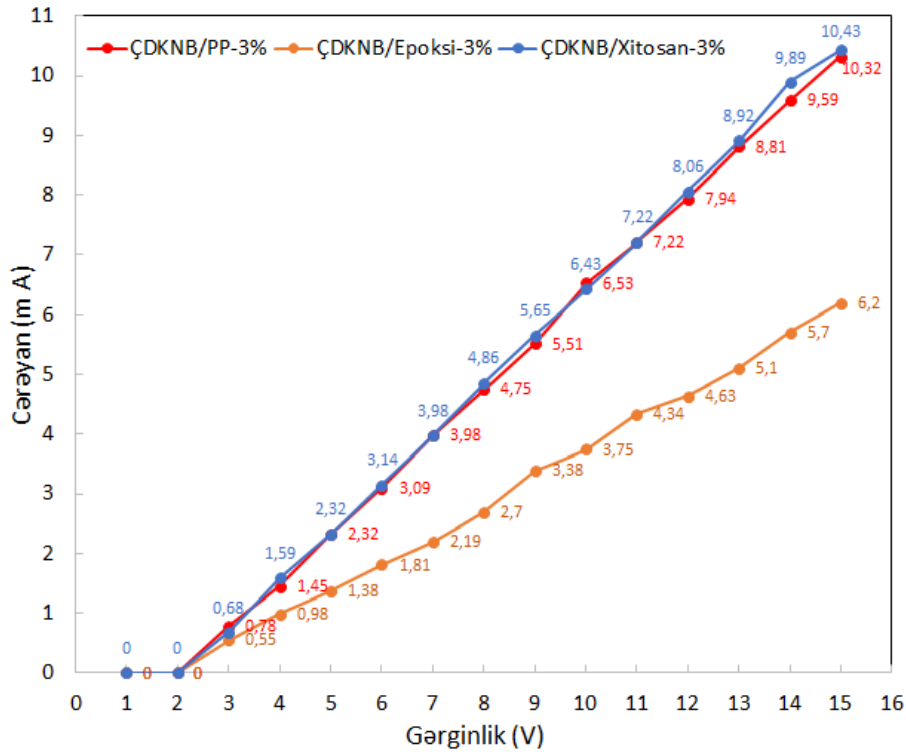
Daha sonra, mikroskop şüşəsi üzərinə axıdılaraq mexaniki yayma (şəkil 6.a) metodu ilə eni və uzunluğu 2:3sm nisbətində olan təbəqələr hazırlanmışdır (şəkil 6.b). Nümunələr əvvəlcə 10^{-3} tor vakuumda 2 saat qurudulmuş, otaq temperaturunda 1 həftə saxlanıldıqdan sonra elektrik xassələri ölçülmüşdür. Hazırlanmış hər üç kompozit nümunədə KNB-ların miqdarı polimerin 3%-in təşkil edir. Alınan kompozit təbəqələrin qalınlığı bütün səth böyü 50 mkm-dir.

Nümunələrin keçiriciliyi *iki-zond metodu* ilə təyin edilmişdir. Əvvəlcə, kontaktlar arasında məsafə 5mm

olmaqla kompozit təbəqələrin volt-ampere xarakteristikaları (VAX) 1-15V sabit mənbə gərginliyi intervalında 1V addımla ölçülmüşdür (şəkil 7). Bundan əlavə, kontaktların yerini bütün səth boyunca dəyişərək müxtəlif hissələrdə yoxlanılan VAX nəticələrinin eyni olması və bundan əlavə, kontaktların nümunələrin kənar uc nöqtələrinə yerləşdirilərək aparılan ölçmələrin də eyni nəticə verməsi alınan təbəqələrdə KNB-ların bir-cins paylanması nümayiş etdirir. Beləliklə, kompozit təbəqələrin *iki zond metodu* ilə ölçülməsi və hesablanmasına əsasən elektrik keçiricilikləri təyin edilmişdir (cədvəl 2)



Şəkil 6. Altıq üzərinə kompozit təbəqənin alınması (a) və təbəqələrin fotosu (b).



Şəkil 7. ÇDKNB/polimer kompozit təbəqələrin VAX-ları.

Cədvəl 2. ÇDKNB/polimer kompozit təbəqələrin keçiriciliyi

KNB/Polimer kompozitlər	Elektrik keçiriciliyi $S \cdot \text{sm}^{-1}$
ÇDKNB/Xitosan	$2.4 \cdot 10^6$
ÇDKNB/PP	$2.3 \cdot 10^6$
ÇDKNB/Epoksi	$1.3 \cdot 10^6$

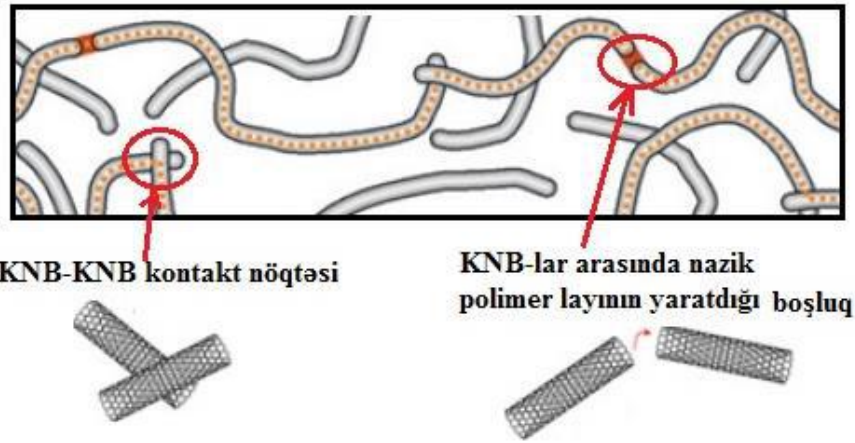
NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏLƏR

920°C temperaturda H/Ar qazlarının iştirakı ilə heptan aerosolundan xarici diametrləri 32-55 nm aralığında olan təmiz nanoborular sintez olunmuşdur. KNB/polimer kompozitlərinin hazırlanması üçün istifadə olunan polimerlərin (epoksi, polipropilen, xitosan)

xassələrindən asılı olaraq hazırlanma rejimləri seçilərək *həllətmə metodu* ilə 3%-lik KNB/polimer kompozit təbəqələri hazırlanmışdır. Nümunələrin *iki zond metodu* ilə 1-15 V intervalında ölçülən VAX-larından məlum olmuşdur ki, bir nümunənin bütün səthi boyu kontaktlar arasındakı məsafə 0.5sm-dən 3sm-dək artırılaraq müxtəlif hissələrindən aparılan ölçmələrdə nəticələr üst-üstə düşür. Bu da KNB-ların polimer daxilində biricins paylanmasını sübut edir. Ölçmələrdən alınan VAX asılılıq xəttlərinin KNB/PP və KNB/xitosan nümunələrində təxminən üst-üstə düşməsi həmin nümunələrin keçiriciliklərinin yaxın olmasını göstərir. KNB/epoksi nümunəsində isə keçiricilik sadalanan digər nümunələrə nisbətən kiçikdir.

Bu işdə istifadə olunan hər üç polimer dielektrik (izolyator) polimerlərdir. Dielektrik polimer kompozitlərinin elektrik keçiriciliyinə təsir edən faktorlar keçirici polimerlərdəkindən fərqlidir. Nəzəri olaraq keçirici materialın dielektrik matrisi içərisində dispersiyası keçirici kompozit yarada bilər. Kompozitlərin elektrik keçiriciliyi σ daxil edilən materialın faizindən kəskin ası-

lıdır. Polimer kompozitlərdə elektrik keçiriciliyi *perkolyasiya nəzəriyyəsi* ilə izah edilir [10]. Bu işdə əldə olunan KNB/Polimer kompozit təbəqələrdə *perkolyasiya* həddi çox aşağıdır, yəni KNB-ların dielektrik matrisdə az faizdə (3%) iştirakı ilə yaranan kompozitlər kifayət qədər yüksək keçiriciliyə malik olmuşdur. KNB-ların matris materialında dispersiya zamanı KNB-ların əlaqəli şəbəkələri formalaşır və bu da davamlı keçiriciliyi təmin edir. KNB/polimer kompozitdə keçiriciliyin nəzəri göstəricilərdən aşağı olması bir tərəfdən üst-üstə düşən nanoborular arasında kontakt müqavimətinin olması (şəkil 8), digər tərəfdən isə nanoborular arasında və ya nanoboruların birləşdiyi kontakt nöqtələrində dielektrik polimerin nazik izolyasiya layının yerləşməsi ola bilər. KNB-lar arasındakı boşluq əhəmiyyətli dərəcədə kiçik (1-2nm) olduğu halda elektronlar bu sahəni *kvant mexaniki tunel effekti* sayəsində keçə bilər. Beləliklə, dielektrik polimerlərin KNB-ların ətrafında yaranan nazik örtüyü zəif elektrik keçiriciliyinə səbəb olur və bu keçiricilik də tunel effekti sayəsində baş verir.



Şəkil 8. Polimer matrisdə KNB şəbəkələrinin formalaşmasının sxematik təsviri.

MINNƏTDARLIQ

Müəlliflər polimer maddələrinə və onların həllənməsi üçün elmi məsləhətlərinə görə BDU-nin Nanoaraşdırmalar mərkəzinin əməkdaşlarına təşəkkürünü bildirirlər.

- [1] Y. Li, J. Wu, N. Chopra. J. Mater. sci. , 2015, 50, 7843–7865. 2015
- [2] S. Iijima. Helical microtubules of graphitic carbon, Nature, 1991, 354, 56.
- [3] G.Rahman,Z.Najaf,A.Mehmood,S.Bilal,A.Shah, S. Mian & G. Ali. An Overview of the Recent Progress in the Synthesis and Applications of Carbon Nanotubes. C, 5(1), 3. 2019.
- [4] Bedri Onur Küçüköldırım, Ayşegül Akdoğan Eker. “Karbon nanotüpler, sentezleme yöntemleri ve kullanım alanları.” TMMOB MMO Mühendis ve Makina Dergisi, cilt 53, sayı 630, s. 34-44. 2012.
- [5] Shan Liu, Venkata S. Chevali, Zhiguang Xu, David Hui, Hao Wang . A review of extending performance of epoxy resins using carbon nanomaterials. ESOGÜ Müh Mim Fak Derg., 28(2), 143-154, 2020 ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-6068-9204>
- [6] Salih Hakan Yetgin Çok duvarlı karbon nanotüp katkılı polipropilen nanokompozitlerin kuru sürtünme ve aşınma özellikleri üzerine yük ve kayma hızının etkilerinin incelenmesi ESOGÜ Müh Mim Fak Derg., 28(2), 143-154, 2020 ORCID No : <http://orcid.org/0000-0002-6068-9204>
- [7] Zafer Yenier , İbrahim Şen , Kutlay Sever , Yoldaş Seki ve Mehmet Sarıkanat. Grafen takviyeli biyokompozitlerin mekanik ve termal özelliklerinin incelenmesi. XIX. ULUSAL MEKANİK KONGRESİ, 24-28 Ağustos 2015
- [8] Meliha Oktav Bulut, Ufuk Elibüyük. Yengeç kitiinden kitosan üretimi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,

Cilt 10 , Sayı 2, Sayfalar 213 – 219, 2017 DOI:
[10.18185/erzifbed.306779](https://doi.org/10.18185/erzifbed.306779)

[10] <http://dx.doi.org/10.5772/62497>

[9] *Waseem Khan, Rahul Sharma and Parveen Saini* Carbon Nanotube-Based Polymer Composites: Synthesis, Properties and Applications. INTECH, 2016

[1] Stauffer D.and Aharony A, Introduction of percolation theory, 7th ed. Yator&Francis, 1985

Gulnaz Gahramanova, Farida Aliyeva, Rasim Jabbarov

PREPERATION AND ELECTRICAL PROPERTIES OF MULTI-WALLED CARBON NANOTUBE/ POLYMER (EPOXY, POLYPROPYLENE, CHYTOSAN) COMPOSITES

The main purpose of the work is to implement a homogeneous dispersion within the polymer matrix of CNTs. With a small percentage of CNTs, CNT/Polymer composite has a conductive properties. Composite layers consisting of epoxy, polypropylene and chitosan polymers with 3% CNT were prepared. Small increases in the percentage of CNTs in polymer lead to a sharp increase in electrical conductivity.

Гульназ Гахраманова, Фарид Алиева, Расим Джаббаров

ИЗГОТОВЛЕНИЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ МНОГОСТЕННЫХ УГЛЕРОДНЫХ НАНОТРУБОК/ПОЛИМЕРОВ (ЭПОКСИД, ПОЛИПРОПИЛЕН, ХИТОЗАН)

Основная цель данной работы - реализация однородного диспергирования УНТ в полимерной матрице. Показано, что при небольшом процентном содержании УНТ, композит УНТ/полимер обладает проводящими свойствами. В ходе работы были изготовлены композитные слои, состоящие из полимеров: эпоксидной смолы, полипропилена и хитозана, с 3% содержанием УНТ. Небольшое увеличение процентного содержания УНТ в полимере приводит к резкому увеличению электропроводности.

Qəbul olunma tarixi: 05.04.2021