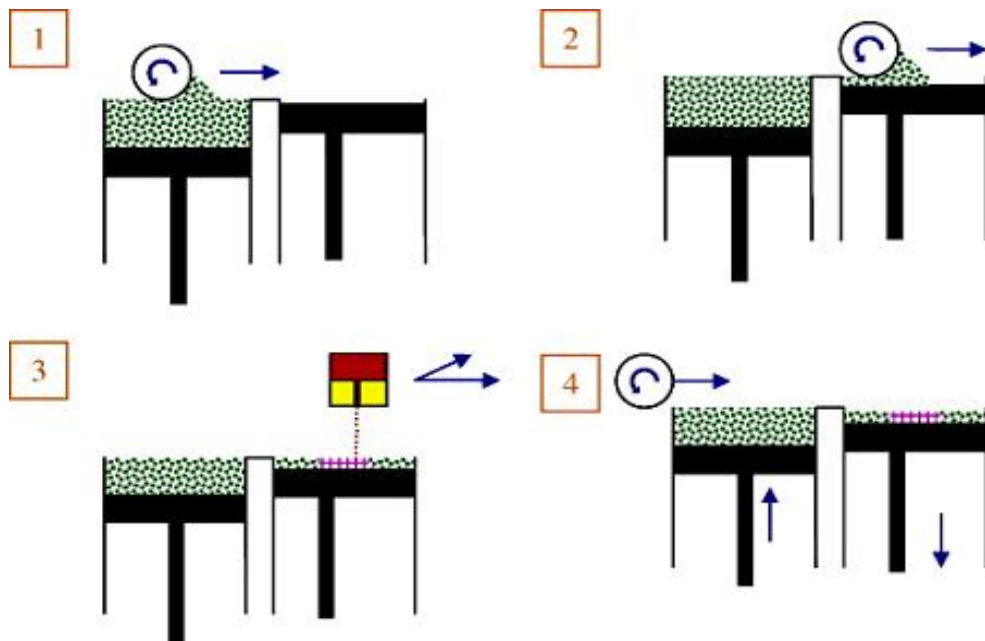


Дәріс 14

3D басып шығару әдісіндегі нанодәрежеде жұмыс жасайтын аппараттар

3D басып шығару әдісінде нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар жаңа мүмкіндіктерге жол ашады. Нанотехнологияның 3D басып шығаруда қолданылуы өнімнің дәлдігін арттырып қана қоймай, материалдардың жаңа қасиеттерін анықтауға мүмкіндік береді. Нанодәрежедегі аппараттар молекулалық және атомдық деңгейде жұмыс істей алады, бұл микроэлектроника, медицина, аэроғарыш, және басқа да жоғары технологиялық салаларда таптырмас құрал болып табылады. Бұл шолуда 3D басып шығарудағы нанодәрежеде жұмыс жасайтын аппараттардың ерекшеліктері, артықшылықтары және қолдану салалары қарастырылады.



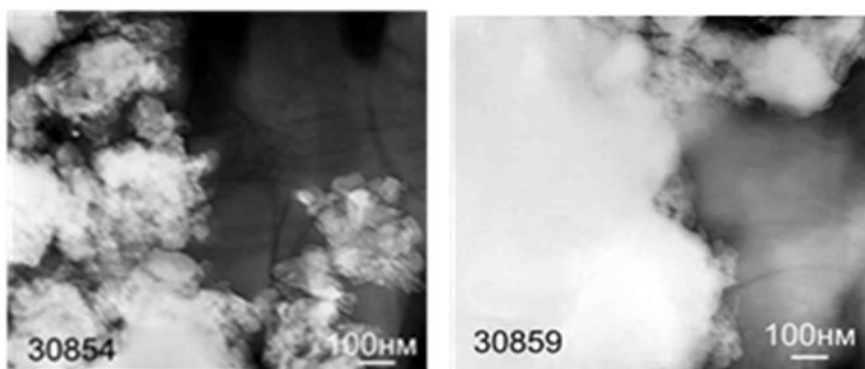
Сурет 1 – Наноұнтақты желімдеу технологиясы

1. Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттардың негізгі ерекшеліктері

Нанодәрежеде жұмыс істейтін 3D басып шығару аппараттары атомдық және молекулалық деңгейдегі материалдарды қадағалап, олардың орналасуын дәл реттеуге мүмкіндік береді. Бұл аппараттар наночастицаларды жоғары дәлдікпен орналастырып, материалдардың ерекше қасиеттерін пайдалануға мүмкіндік береді. Олар лазер, ультрадыбыс, және басқа да дәлме-дәл басқарылатын технологиялар негізінде жұмыс істейді. Әдетте мұндай аппараттармен жұмыс істеу үшін қымбат және күрделі технологиялар қажет, бірақ олардың көмегімен өте нақты және жоғары сапалы өнімдер жасауға болады [1, 2].

2. Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттардың негізгі компоненттері

Нанодәрежеде жұмыс жасайтын 3D басып шығару аппараттарының негізгі компоненттеріне ультра дәлдікпен басқарылатын лазерлер, наномасштабты қозғалыс платформалары, және арнайы микроскоптар жатады. Лазерлер материалдың беткі қабатын атомдық деңгейде өңдеуге мүмкіндік береді, ал қозғалыс платформалары әрбір қабатты дәл орналастыруға жауапты. Микроскоптар мен сенсорлар арқылы әрбір қабаттың орналасуын қадағалап, дәлдікпен түзетуге болады.



а)

б)

а) талшықты қоспай, б) 0,6% ПММА талшығын қосқанда

Сурет 2 – Трансмиссиялық электронды микроскоптың көмегімен алынған цементтің фотосуреті

Мысалы, **атомды-күш микроскопы (AFM)** көмегімен атомдық деңгейде құрылымдар жасауға болады. Бұл микроскоптар құрылымның әрбір атомын анықтап, оның орын ауыстыруын бақылауға мүмкіндік береді. Зерттеулер [3] нанодәрежедегі қозғалыс платформаларының көмегімен лазер сәулелерін дәл бағыттау арқылы күрделі нанокұрылымдарды жасауға болатынын көрсетеді.

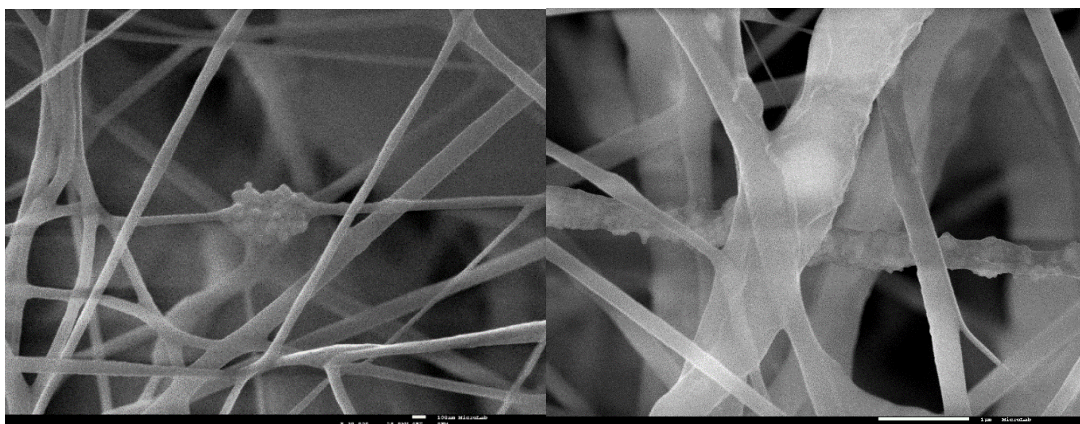
3. Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттардың артықшылықтары

3D басып шығаруда нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттарды қолданудың бірнеше маңызды артықшылықтары бар:

- **Жоғары дәлдік:** Нанодәрежедегі аппараттар арқылы өте нақты құрылымдарды жасауға болады, бұл микроэлектроника және медицина сияқты салаларда жоғары дәлдікті талап ететін құрылғылар жасауға мүмкіндік береді.
- **Материалдарды тиімді пайдалану:** Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар әрбір атомды қажетті орынға орналастыру арқылы

материалдарды үнемдеуге көмектеседі. Бұл әсіресе қымбат наноматериалдармен жұмыс істегенде маңызды.

- **Бұрын қолжетімсіз болған жаңа қасиеттер:** Наноматериалдарды дәл басқару арқасында жаңа механикалық, электрлік және оптикалық қасиеттері бар материалдар алуға болады. Мысалы, көміртекті нанотүтікшелерді белгілі бір бағытта орналастыру арқылы өткізгіштігі жоғары құрылымдар жасауға болады.



Сурет 3 – электроспиннинг және кальций гидроксипатиті нанобөлшектерін қосу арқылы алынған наноөлшемді полимер талшықтарының электронды микроскоптағы суреттері.

4. Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттардың қиындықтары мен шектеулері

Нанодәрежеде жұмыс істейтін 3D басып шығару аппараттарында кейбір қиындықтар мен шектеулер бар:

- **Қымбаттығы:** Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар өте күрделі технологияларға негізделгендіктен, олардың бағасы қымбат. Олар жоғары технологиялы жабдық пен арнайы дайындалған операторларды қажет етеді, бұл жалпы өндіріс шығындарын арттырады.
- **Жоғары сезімталдық:** Бұл аппараттар микро қозғалыстарға сезімтал, сондықтан сыртқы факторлар (температура, діріл, ауаның қозғалысы) жұмысты бұзуы мүмкін. Аппараттардың жұмыс ортасын тұрақты сақтау маңызды.
- **Төмен өндірістік жылдамдық:** Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар өте баяу жұмыс істейді, себебі әрбір атомдық қадам өте дәлдікпен орындалуы керек. Бұл жаппай өндіріс үшін қиындық туғызады және аппараттардың тиімділігін төмендетеді [5].

5. Нанотехнологияларға арналған 3D басып шығару әдістері

3D басып шығару кезінде қолданылатын бірнеше негізгі әдістер нанотехнологиялар үшін бейімделген:

- **Фотолитография:** Бұл әдіс ультракүлгін (УК) сәулелерінің әсерінен фотосезімтал материалдарды қатайту арқылы нанокұрылымдарды жасайды. Ол микро және нанодәрежедегі схемалар, микросхемалар және басқа да құрылымдар жасауға мүмкіндік береді.
- **Нанолитография:** Бұл әдіс электронды-сәулелік литографияны қамтиды және өте жоғары дәлдікке жетуге мүмкіндік береді. Нанолитография арқылы атомдық деңгейдегі құрылымдарды жасауға болады, бұл микроэлектроникада және биомедицинада кеңінен қолданылады.
- **Қоспалық өндіріс (ALD):** Бұл әдіс арқылы атомдарды қабаттап тұндыру арқылы ультражіңішке және тығыз құрылымдарды жасауға болады. ALD көмегімен көміртекті нанотүтікшелер және нанопленкалар жасауға болады [6].

6. Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттарды қолдану салалары

Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар көптеген салаларда қолданылады:

- **Медицина:** Нанокұрылымды импланттар, жасанды тіндер және дәрілік жеткізу жүйелерін жасау үшін 3D басып шығару арқылы нанотехнологияларды қолдану кеңейіп келеді. Бұл аппараттар арқылы дәрілерді нақты орынға жеткізуге арналған нанокапсулалар жасауға болады.
- **Электроника:** Нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар жоғары дәлдікті микросхемалар, сенсорлар және электр өткізгіш компоненттер жасауға мүмкіндік береді. Нанокұрылымды материалдармен 3D басып шығару арқылы микроэлектрондық құрылғыларды миниатюрлеу және олардың өнімділігін арттыруға болады [7].
- **Аэроғарыш:** Наноматериалдардың жеңіл және берік қасиеттерін пайдалану арқылы аэроғарыштық бөлшектер жасау үлкен жетістіктерге жетті. Жеңіл салмақты наноматериалдар ұшу аппараттарының салмағын азайтуға және отын шығынын төмендетуге көмектеседі.
- **Катализ және энергетика:** Нанокұрылымды катализаторлар, суперконденсаторлар және энергия сақтау құрылғылары үшін нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар тиімді материалдарды жасауға мүмкіндік береді. Бұл аппараттар арқылы сутектік жанармай

элементтері мен батареяларға арналған жоғары өнімді материалдар алуға болады.

7. Болашақтағы мүмкіндіктер мен даму бағыттары

Нанодәрежеде жұмыс істейтін 3D басып шығару аппараттарының болашағы материалдардың жаңа қасиеттерін зерттеуге және оларды қолдану аясын кеңейтуге бағытталған. Наноматериалдармен жұмыс істеудің жаңа тәсілдері, мысалы, кванттық нүктелер және графен, олардың қолданылу мүмкіндігін арттырады. Зерттеулер көрсеткендей, жасанды интеллект және машиналық оқыту әдістері нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттардың дәлдігін және тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді [8].

Сонымен қатар, наноқұрылымды материалдарды биологиялық құрылымдармен біріктіру арқылы медициналық және биомедициналық құрылғылардың жаңа буынын жасауға мүмкіндік бар. Бұл бағытта наноматериалдардың биологиялық объектілермен үйлесімділігі және организмге зиянсыздығы басты назарда болады.

Қорытынды

3D басып шығару әдісінде нанодәрежеде жұмыс істейтін аппараттар жаңа технологиялық мүмкіндіктерге жол ашады. Олар арқылы микроэлектроника, медицина, энергетика және аэроғарыш сияқты салаларда дәлдігі жоғары құрылымдар жасауға болады. Болашақта бұл аппараттардың дамуымен наноматериалдардың қолданысы кеңейіп, өндірістік процестерге интеграциясы жақсарады.