

Дәріс 9

Әртүрлі масштабты деңгейлердегі ПКМ құрылымының ақауларын зерттеу әдістері

Бірқатар мамандардың бағалауы бойынша ең күрделі диагностикалық (бөлшектерді пайдалану процесінде) және бұйымдардың пайдалану қасиеттеріне ең үлкен әсер ететін құрылымдық ақаулар болып табылады, оларды ПКМ бөлшектерін өндіру кезеңінде бақылау қажет. Құрылымдық ақаулар бөлшектерді дайындаудың технологиялық процесінің сапасын сипаттайды (олардың жеке басы өнімді дайындау технологиясында бұзушылықтардың бар екендігін көрсетеді).

ПКМ құрылымдық ақауларын талдау әртүрлі масштабты деңгейлерде жүргізілуі керек:

- макроскопиялық талдау;
- микроскопиялық талдау;
- беттік және көлемдік нанодофектілерді талдау.

ПКМ құрылымын әртүрлі масштабты деңгейлерде және сыртқы факторлардың әсерінен оның өзгеру ерекшеліктерін білу Материалдарды негізделген таңдауға мүмкіндік береді және ұзақ мерзімді табиғи сынақтарды қажет етпейді .

Макроскопиялық деңгейде ПКМ келесі сипаттамалары анықталады:

- компоненттердің біркелкі таралуы (мысалы, полимер матрицасындағы дисперсті толтырғыш);
- құрылымы бойынша көзбен ерекшеленетін материал компоненттерінің саны;
- арматуралық толтырғыштың геометриялық орналасуы;
- материал компоненттерінің геометриялық пішіні.

Құрылымдардың макроанализі, әдетте, визуалды немесе төмен ажыратымдылықтағы оптикалық микроскоптарды қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Микроскопиялық деңгейде макроанализдің бұрын алынған нәтижелерін ескере отырып, келесі міндеттер шешіледі:

- материалдың фазалық құрамын анықтау;
- микро ақаулардың түрі мен санын анықтау;
- толтырғыштардың беткі топологиясын анықтау;
- толтырғыштардың геометриялық сипаттамаларын анықтау.

Бастапқыда құрылымды талдаудың осы деңгейінде зерттелетін материалдың нақты құрылымын зерттеу үшін жеткілікті болатын үлгілердің санын анықтау қажет.

Зерттеушілерге көбінесе көлденең қима бойынша құрылымның өзгеру дәрежесін анықтау міндеті жүктеледі, Сондықтан микроанализ жүргізу кезінде зерттелетін аймақ құрылымының ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік беретін үлкейту дәрежесін дұрыс таңдау қажет. Сол аймаққа морфологияның біртектілігі (немесе біртектілігі) анықталатын мезо деңгей (миллиметрдің оннан бір бөлігінің мөлшері) жатады. Осы мақсатта үлгінің белгілі бір осіне қатысты бірдей қашықтықта орналасқан бірнеше аймақтар таңдалады.

Наноөлшемді ұлғайтуға (нано-деңгей) мүмкіндік беретін ең дәл және қымбат зерттеуді орындау кезінде келесі міндеттер шешіледі:

- наноқұрылымдық ақаулардың түрін анықтау;
- нанобақылаудың геометриялық сипаттамаларын анықтау, әрі қарай беріктік есептеулерін және зерттелетін объектілерді кернеулі деформацияланған талдауды жүргізуге мүмкіндік береді.

Құрылымдық талдаудың осы үш деңгейі бір-бірімен қалай байланысты болады, зерттелетін материалдың құрылымы мен топологиясының ерекшеліктеріне байланысты әр жағдайда анықталады.

1-кестеде әртүрлі масштабты деңгейлердегі көміртекті талшықтар мысалында РСМ толтырғыш құрылымдарын зерттеу кезінде дәлдік пен қажетті өсу дәрежесі бойынша жүйеленген деректер келтірілген. Анықталатын құрылымдық параметрлердің атаулары зерттелетін материалдардың қасиеттеріне байланысты өзгереді.

Кесте 1

Әр түрлі масштабтағы көміртекті талшықтардың құрылымын зерттеу әдістері

| | Макродеңгей | Мезо және микро деңгей | Нано деңгей |
|-----------------------|---------------------------------|--|-------------------------------------|
| Әдеттегі үлкейту, рет | до 10 | от 102 до 105 | 106 |
| Қолданылатын әдістер | Визуалды тексеру, сандық камера | Оптикалық және растрлық микроскопия | Рентгендік дифракция |
| | Рентгендік радиография | Растрлық электронды және атомдық күш микроскопиясы | Туннельді сканерлеу микроскопиясы |
| Құры | Технологиялық ақаулар | Ластану, Кокс бөлшектері | Кристалдық құрылымның ерекшеліктері |

| | | | |
|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| лымдардың анықталатын параметрлері | Тері тесігі, жарықтар және бөгде заттар | Монофиламент беттерінің морфологиясы | Нүктелік ақаулар және ақаулар кластерлері |
| | Сыртқы өрнек, талшықтардың көлбеуі | Компоненттердің көлемдік үлестері | Нүктелік нано ақаулар |

ПКМ бөлшектерінің ең жиі кездесетін макроқұрылымдық ақаулары-бұл тұтастықтың бұзылуы, мысалы, стратификация, желім емес, жарықтар, бөгде заттар және т. б.

Макроқұрылымдық талдау зақымданудың қажетті геометриялық сипаттамаларын анықтау мақсатында жүргізіледі, мысалы, жарықшақтың жоғарғы бөлігінің пішінін белгілеу, оның Шири анықтау, сондай-ақ шаршау сынақтарын жүргізудің әртүрлі кезеңдерінде жасалған үлгілердің бірнеше түрін пайдалану кезінде (магистральдық жарықшақтың өсу кинетикасын анықтауға болады).

ПКМ анықтамасы бойынша микро-гетерогенді және біртекті емес, сондықтан макроқұрылымның олардың қасиеттерімен тікелей байланысы бар. Тіпті оларды қарапайым кесу кезінде немесе бөлім беттерін жылтыратқаннан кейін, тек осы материалға тән құрылымдық ерекшеліктер анықталады. Олардың кейбіреулері қарапайым көзге көрінеді немесе қуаты аз оптикалық микроскоптың көмегімен анықталады.

Дәл осы себепті зерттеушілер макроскопиялық зерттеулердің орнына үлгілерді қарапайым визуалды тексерумен шектеледі.

Визуалды тексеру кезінде адамның көзі 0,4-тен толқын ұзындығының өте тар диапазонында көретінін ескеру қажет

0,7 мкм-ге дейін, бұл қою қызылдан күлгінге дейінгі түс аралығына сәйкес келеді [49]. Адамның тағы бір ерекшелігі - оның көзінің есте сақтау уақыты шамамен 0,1 секундты құрайды және осы қысқа уақыт ішінде визуалды сурет салу өте қиын. Оқушының диаметрі шамамен 6 мм-ге тең және адамның көру қабілетінің тағы бір ерекшелігі-егер ол көзге тым жақын болса, объектіге толық назар аудару мүмкін емес. Ыңғайлы оқу қашықтығы шамамен 150 мм-ге тең және бұл қашықтықта көз миллиметрдің оннан бірнеше бөлігінен аспайтын мөлшерді ажырата алады.

Оптикалық микроскоптармен макроскопиялық зерттеулер фазааралық беттердің геометриялық сипаттамаларын анықтау үшін де қажет. Мысалы, егер ПКМ металл бөлшектерінің жарықтарын жабу үшін жөндеу құрамы ретінде пайдаланылса, онда оның деградациялық қасиеттерін зерттеу қажет. Материалдың бастапқы үлгілерін берілген жұмыс орталарында (машина майлары, майлау-салқындату

сұйықтықтары және т.б.) ұстағаннан кейін, ең алдымен, фазааралық шекара геометриясының өзгергенін немесе өзгермегенін анықтау қажет.

Мұндай фазааралық шекараларды зерттеудің кемшіліктеріне алынған нәтижелер сандық сипаттамаларға ие емес және сипаттамалық сипатта болады.

Материалдардың көптеген қасиеттері олардың микроқұрылымының ерекшеліктерімен тікелей байланысты, мысалы, изотропия дәрежесі (ол тегіс немесе кеңістіктік болуы мүмкін басым бағытта көрінеді) және біртектілік (морфологиялық гетерогенділікте, кристалдардың жергілікті өзгеруінде және т.б.).

Металдар үшін құрылымдық сезімтал емес сипаттамалардың белгілі бір саны бар екені белгілі. Оларға серпімділік модулі, сызықтық жылу кеңею коэффициенті (CLTR) және меншікті ауырлық (тығыздық) жатады. Металл аулаудың аққыштық шегі, жылу өткізгіштік және электр өткізгіштік сияқты қасиеттері, керісінше, құрылымдық сезімтал сипаттамалар болып табылады. ПКМ үшін жоғарыда аталған барлық қасиеттер құрылымға сезімтал, өйткені олар компоненттердің фракцияларының арақатынасына, олардың қасиеттеріне және интерфейс күйіне тікелей байланысты.

Фазалық құрамды анықтау үшін (полимер матрицасы мен толтырғыштың нақты қатынасы) стандартты оптикалық микроскопты қолдануға болады (мысалы, Neophot-21). Берілген оптикалық микроскоп (және осы кластағы басқа микроскоп модельдері) көрінетін жарық пен оптикалық линзалар жүйелерін пайдаланады, бұл сізге ең жоғары ажыратымдылықты шамамен 0,5 мкм алуға мүмкіндік береді (өйткені көздің ажыратымдылығы 0,2 мм, ал максималды үлкейту 400 есе). Оптикалық микроскоптың негізгі техникалық сипаттамалары: ажыратымдылық, пайдалы үлкейту және кескіннің тереңдігі.

ПКМ микроқұрылымдық зерттеулері келесі ретпен орындалады.

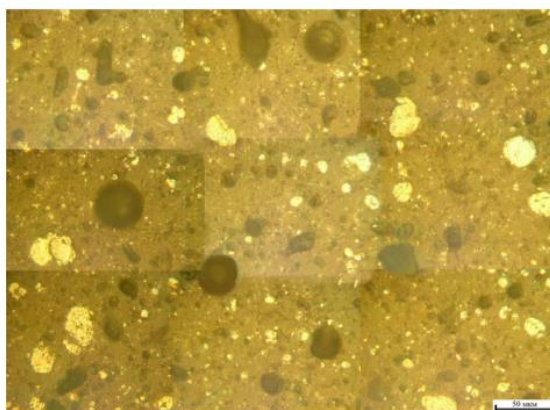
1. Тегістеуіштерді дайындау. Шлифті дайындау сапасы тек микроскопиялық зерттеу процесінде анықталады, сондықтан үлгіні нақтылаудан, сұртуден және кептіруден кейін микроскопқа орнатылады және бақылау суреттері жүргізіледі. Егер алынған фотосуреттердің сапасы қанағаттанарлық болмаса, онда тегістеуіштердің бетін дайындау процесі жалғасады. Содан кейін бақылау суреттері қайтадан жасалады және бұл қажетті тегістеу сапасын қамтамасыз ете алмайынша болады.

2. Микроскопта фотоқұрылымдарды алу. Тегістелген жағы бар Үлгі линзаның үстіндегі микроскоптың слайдына орналастырылады, содан кейін қажетті кескін параметрлері дәйекті түрде жасалады. Арнайы тұтқаларды пайдаланып теңшеу үшін зерттеу үшін ең қызықты тегістеу аймағын табу үшін слайд үстелін көлденең жазықтықта жылжытуға болады. Суреттерді алдын-ала қарауды микроскоптың окулярлары арқылы немесе ДК көмегімен жасауға болады. Кескінді талдау үшін

таңдалған тегістеу аймағы әртүрлі масштабта суретке түседі, содан кейін алынған кескіндер қатты дискіге тасымалданады.

3. Зерттелетін үлгілердің беттерінің панорамалық суреттерін алу. Макроқұрылымдардың кез-келген сандық параметрлерін (мысалы, кеуектілігі) анықтаудың дәлдігін арттыру үшін сізге кез-келген жеке учаскенің емес, бүкіл бетінің фотосуреті қажет. Бұл жағдайда үлгінің бүкіл бетінің фотосуреттері дәйекті түрде түсіріледі, содан кейін олар компьютерде қосылады (біріктіріледі) және нәтижесінде зерттелетін объектінің бірқатар суреттерінен панорама алынады. Панорамалық деп аталатын мұндай суреттің мысалы суретте көрсетілген. 3.

4. Қателерді болдырмау үшін құрылымдардың фотосуреттерін нақтылау, мысалы, тегістеу технологиясымен байланысты. Зерттелетін материалдың беткі қабаттарын дәйекті түрде алып тастаудан тұратын тегістеу технологиясы үлгілердің бетінде сызаттар мен қауіптердің қалуына немесе кескіннің бұлыңғырлығы мен қара дақтардың пайда болуына әкелетінін атап өткен жөн. Зерттелетін материалдың алынған сандық бейнесін өңдеуге болады. Әдетте, мұндай өңдеумен зерттелетін құрылымның сапасын жақсы анықтау үшін фонның түсі өзгереді.



Сурет. 3. Бір панорамалық суретке жиналған тоғыз бөлек алынған РСМ үлгісі бетінің фотосуреттері neophot-21 оптикалық микроскопынан

5. Материалдардың фазалық құрамын сандық бағалау. Құрылымдардың қазіргі сандық талдауы жүргізумен байланысты өлшеу. Тікелей (немесе тікелей) өлшенетін параметрлерді және жанама (есептеулерден кейін) анықталатын параметрлерді ажырату қажет. Тікелей өлшенетін параметрлер алынған кескіннің нәтижелеріне сүйене отырып анықталады, ал жанама өлшенетін параметрлер белгілі бір модельді (немесе алгоритмді) қолдануды талап етеді. Мысалы, егер талшықты толтырғыштың көлденең қимасы жоқ болса дөңгелек және кез-келген басқа форма, содан кейін есептеулер үшін алдымен оның қандай

форма болатындығы туралы болжам жасау керек оны қабылданған болжамға сүйене отырып анықтаңыз. Тік өлшенетін параметрлерге ұзындықтың қалыңдыққа қатынасы да жатады, мысалы, қысқа талшықтарға тән. Морфологиялық анизотропияның бұл дәрежесін бағалау оңай емес тек бағдарлау бойынша үлестіруді анықтаңыз. Бір типтік- құрылымды зерттеудегі қателіктер өлшеудің әдістемелік қателігі болып табылады, ол тек анықталатындығымен байланысты бөлшектердің өлшемдері бір беттік қимада болады, бұл мыналарға әкеледі ең үлкен және ең кішкентай бөлшектерді өлшеу кезінде қателерді қосу. Тікелей өлшенетін параметрдің мысалы көлемді зерттелетін фазаның үлесі немесе компоненттердің көлемдік үлесі. Олар мүмкін кескін негізінде тек жүйенің ажыратымдылығымен шектелетін кез-келген дәлдікпен анықталуы керек. Дәндердің мөлшері, егер ол анықталса, тікелей өлшенетін параметр болып табылады "бетінің ауданы көлемге" қатынасынан.

Құрылымдық модельдеу жалпы сипаттауға мүмкіндік береді бұзылу процесінің динамикасы, бірақ сәнге сандық баға бермейді- параметрлері. Көптеген параметрлік модельдердің арасында, жүктеме кезінде РСМ мінез-құлқын сипаттау үшін қолданылады, барлық ауырсыну- мойынға перколяция теориясы таралады. Бұл байланысты бұл сәйкесінше корреляцияны табуға мүмкіндік береді геометриялық (толтырғышты төсеу схемасын ескеріңіз, әсері әр түрлі- қалыңдығы, ақаулары және т.б.) және физикалық сипаттамалары.

Бақылау сұрақтары

1. ПКМ құрамының сапасының негізгі көрсеткіштерін атаңыз.
2. Байланыстырғыштың негізгі көрсеткіштерін атаңыз және толтырғыш.
3. Үшін қолданылатын негізгі акустикалық әдістерді атаңыз ПКМ өнімдерінің сапасын, олардың артықшылықтары мен кемшіліктерін бақылау. Бойынша оларды қандай критерийлік белгілерге жатқызу әдеттегідей?
4. Сапаны бақылаудың жылу әдістері неге негізделген? Қандай критерийлер бойынша олардың сыныптары қабылданады- жалған ба?
5. Сапаны бақылаудың диэлектрлік әдістері неге негізделген- ПКМ бұйымдары? Қандай критерийлер бойынша олар қабылданды жіктеу?
6. Құйынды ток сапасын бақылау әдістері неге негізделген ПКМ бұйымдары? РСМ қандай түрлерін бақылау үшін олар IP болуы мүмкін- пайдаланылды ма?
7. ПКМ бұйымдары сапаны бақылаудың радиометриялық әдістері неге негізделген

