КЫРГЫЗ-ТҮРК “МАНАС” УНИВЕРСИТЕТИ
**ТАБИГИЙ ИЛИМДЕР ИНСТИТУТУ**
**ХИМИЯ ИНЖИНЕРИЯСЫ БӨЛҮМҮ**

# ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ФАРФОРДУН ЭЛЕКТРДИК КАСИЕТТЕРИН АНЫКТОО

**(МАГИСТРДИК ДИССЕРТАЦИЯ)**

**Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА**

**БИШКЕК 2012**

КЫРГЫЗ-ТҮРК “МАНАС” УНИВЕРСИТЕТИ
**ТАБИГИЙ ИЛИМДЕР ИНСТИТУТУ**
**ХИМИЯ ИНЖИНЕРИЯСЫ БӨЛҮМҮ**

# ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ФАРФОРДУН ЭЛЕКТРДИК КАСИЕТТЕРИН АНЫКТОО

**(МАГИСТРДИК ДИССЕРТАЦИЯ)**

**Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА**

**Жетекчи**
**Доц. Др. Бакыт БОРКОЕВ**

**БИШКЕК 2012**

## ЧЕЧИМ

Кыргыз-Түрк "Манас" университетинин Табигий илимдер институтунун экзамендик инструкциясынын .....- жобосуна ылайык, 0951Y05002 № жыйында уюшулган комиссия, Химия инжинериясы бөлүмүнүн магистранты Роза Ырыскелдиеванын "Төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун электрдик касиеттерин аныктоо" темасында жазган магистрдик диссертациясын анализдеп, 25 /05 / 2012 ж. саат 14:00 дө жактоого кабыл алды.

Магистрант ….. минута убакыт ичинде магистрдик диссертациясын жактап, комиссия *көпчүлүк добуш менен / бир добуштан Кабыл алынбайт / Кабыл алынсын / Кайра оңдосун* деген чечим чыгарды.

### Мамлекеттик аттестация комиссиясынын курамы

Төрайымы

Проф. Др. Бүбүзуура АССАКУНОВА

Кыргыз мамлелеттик курулуш, транспорт, жана архитектура университети

мүчөсү

Доц. Др. Калыйпа САЛИЕВА

Кыргыз-Түрк "Манас" Университети

мүчөсү (жетекчи)

Доц. Др. Бакыт БОРКОЕВ

Кыргыз-Түрк "Манас" Университети

мүчөсү

х.и.к., ага окутуучу Айгул УСУБАЛИЕВА

Кыргыз-Түрк "Манас" Университети

мүчөсү

Доц. Др. Өзкан КҮЧҮК

Кыргыз-Түрк "Манас" Университети

25/05/2012

KIRGIZİSTAN TÜRKİYE
MANAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda 0951Y05002 numaralı Roza Irıskeldiyeva'nın hazırladığı "Düşük sıcaklıkta pişirilen porselenin elektrıksel özelliklerinin belirlenmesi" konulu Yüksek Lisans ile ilgili tez savunma sınavı, 25 /05 / 2012 günü. 14:00 – 15:00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin ....................... (başarılı/başarısız) olduğuna ............................ (oy birliği/oyçokluğu ) ile karar verilmiştir.

**Jüri Komisyonu**

Komisyon Başkanı
Prof. Dr. Bübüzuura ASSAKUNOVA
Kırgız Devlet İnşaat, Ulaşım ve Mimarlık Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Kalıypa SALİYEVA
Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi

Üye (Tez Danışmanı)
Doç. Dr. Bakıt BORKOYEV
Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi

Üye
Öğr. Gör., Dr. Aygül USUBALIEVA
Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi

Üye
Doç. Dr. Özkan KÜÇÜK
Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi

25/05/2012

# КЫСКАЧА МАЗМУНУ

| | |
|---|---|
| Даярдаган | : Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА |
| Университет | : Кыргыз-Түрк “Манас” университети |
| Институт | : Табигый илимдер институту |
| Багыты | : Химия инжинериясы |
| Иштин сыпаты | : Магистрдик диссертация |
| Беттердин саны | : X+54 |
| Бүтүрүү датасы | : Май 2012 |
| Диссертация жетекчиси | : Доц. Др. Бакыт БОРКОЕВ |

## ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ФАРФОРДУН ЭЛЕКТРДИК КАСИЕТТЕРИН АНЫКТОО

Бул иштин максаты - жергиликтүү чийки заттардан алынган төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун электрдик касиеттерин аныктоо жана традициялык фарфор менен салыштыруу.

Керамикалык материалдардын бир түрү болгон электркерамика, башкача айтканда электрфарфор өндүрүшүнө керектүү чийки заттар, алуу технологиясы жана касиеттери каралган. Электр изолятору катары колдонууга мүмкүн болгон фарфордун ар кандай курамдары алынды. Алынган электрфарфор массаларынын негизги физикалык жана механикалык касиеттери аныкталды. Фарфор жасоодо энергетикалык чыгымдарды төмөндөткөн, төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун электрдик касиеттеринин ичинен электрдик бекемдиги аныкталды. Алынган электрфарфор массаларынын айрымдары электрдик бекемдиги боюнча электр тармактарында колдонуу мүмкүндүгү такталды.

Ачкыч сөздөр: керамика, чийки зат, электр фарфор, төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфор, электрдик бекемдик.

## ÖZET

| | |
|---|---|
| Yazar | : Roza IRISKELDIYEVA |
| Üniversite | : Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi |
| Anabilim Dalı | : Fen Bilimleri |
| Bilim Dalı | : Kimya Mühendisliği |
| Tezin Niteliği | : Yüksek Lisans Tezi |
| Sayfa Sayısı | : X+54 |
| Mezuniyet Tarihi | : Mayıs 2012 |
| Tez Danışmanı | : Doç. Dr. Bakıt BORKOYEV |

**DÜŞÜK SICAKLIKTA PİŞİRİLEN PORSELENİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

Bu çalışmanın amacı yerel hammaddeler kullanarak düşük sıcaklıkta pişirilen porselenin elektrıksel özelliklerini belirlemek ve geleneksel porselenle karşılaştırmaktır.

Seramik endüstrisinde elektroteknik seramik malzemelerinin türlerinden biri olan elektroporselenin hammaddelleri, teknolojisi ve özellikleri incelendi. Farklı hammadde bileşimleri kullanılarak, elektrik yalıtkanı olarak kullanılabilecek uygun bir porselen üretilmiş ve elde edilen porselen bileşimlerinin önemli fiziksel ve mekaniksel özellikleri araştırıldı. Düşük sıcaklıkta pişirilen porselenin yüksek voltajdaki elektriksel dayanıklılığı belirlendi. Üretilen porselenler incelendiğinde, enerji yalıtkanı konusunda bir yalıtkan malzeme olarak kullanılabileceği kanıtlandı.

Anahtar Sözcükler: seramik, hammadde, elektrik porselen, düşük sıcaklıkta pişirilen porselen, elektriksel dayanıklılık

# АБСТРАКТ

| | |
|---|---|
| Автор | : Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА |
| Университет | : Кыргызско-Турецкий университет “Манас” |
| Институт | : Естественных наук |
| Кафедра | : Химическая инженерия |
| Качество диссертации | : Магистерская диссертация |
| Количество страниц | : X+54 |
| Дата выпуска | : Май 2012 |
| Руководитель диссертации | : Доц. Др. Бакыт БОРКОЕВ |

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФАРФОРА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ОБЖИГА

Целью данной работы является определение электрических свойств фарфора низкотемпературного обжига, полученное из местного сырья, а также сравнение с тардиционным фарфором.

Рассмотрены сырьевые материалы электротехнической керамики, а именно электрофарфора, являющийся одним из видов керамических материалов, а также технология получения и свойства. Были получены разные составы фарфора, пригодные для применения в качестве электрических изоляторов. Были определены основные физико-механические свойства полученных масс электрофарфора. Из электрических свойств фарфора низкотемпературного обжига было определено электрическая прочность. Было доказано возможность использования в энергетических отраслях некоторых масс электрофарфора на основе определенных свойств.

Ключевые слова: керамика, сырьевые материалы, электрофарфор, фарфор низкотемпературного обжига, электрическая прочность.

# ABSTRACT


| | |
|---|---|
| Prepared by | : Roza YRYSKELDIEVA |
| University | : Kyrgyz-Turkish Manas University |
| Institute | : Natural Sciences Institute |
| Department | : Chemical Engineering |
| Thesis Level | : Master's Thesis |
| Number of Pages | : X+54 |
| Graduate Date | : May 2012 |
| Thesis Advisor | : Prof. Dr. Bakyt BORKOEV |


## DETERMINATION OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF PORCELAIN FIRED AT LOW TEMPERATURE


The aim of this work is to determinate the electrical properties of porcelain fired at low temperature and to compare with traditional porcelain.

Raw materials of electric porcelain which is known as one of the electric technic ceramic materials, and its technology and properties are considered. The various composition of porcelain that could be applied as a electrical insulator was tested. It was also tested the main physical and mechanical properties of porcelain masses. Among the electrical properties of porcelain fired at low temperature it was determined the electrical strength (endurance). Some electric porcelain masses show good physical, mechanical and electrical results. Therefore these electrical porcelain masses can be used as an electric insulator in energetic industry.



Keywords: ceramic, raw material, electric porcelain, porcelain fired at low temperature, electrical strength (endurance)

## ÖNSÖZ

Kırgızistanda seramik endüstrisinde elektoteknik seramik malzemelerin üretimi az sayıda gerçekleştirilmektedir. Genelde seramik malzemeler başka ülkelerden getirilmektedir. Ama ülkemizde seramik malzemelerinin üretimi için hammadeler mevcuttur. Bu yüzden, ince seramiklerin bir türü olan elektroporselen üretiminde Kırgızistanda bulunan hammaddeler kullanılmıştır. Genellikle porselen yüksek sıcaklıkta pişirilirmektedir. Bu çalışmada eletroporselenin değişik bileşimleri düşük sıcaklıkta sinterlendi ve bu porselen örneklerinin bazı fiziksel özellikleri incelendi. Seramiğin elektrofiziksel özelliklerinden porselenin elektriksel dayanıklılığı belirlendi. Düşük sıcaklıkta pişirilen değişik elektroporselen örneklerinden elektrik yalıtkanı olarak kullanılabilecek porselen belirlendi.

Bu tez çalışmamın her aşamasında kıymetli vakitlerini bana ayırmaktan çekinmeyerek yardımını esirgemeyen ve tavsiyeleriyle yol gösteren kıymetli hocam Doç. Dr. Bakıt Borkoyev'e ayrıca deneysel çalışmaları gerçekleştirmemde yardımcı olan Kırgız Milli Üniversitesi Temel Bilimler Enstitüsü öğretim görevlisi Doç. Dr. Aleksandır Jerdev 'e teşekkür ederim.

Bişkek 2012 Roza IRISKELDIYEVA

## МАЗМУНУ


ЧЕЧИМ........................................................................................................ II
КЫСКАЧА МАЗМУНУ.............................................................................. IV
ÖZ……………………………………………………………………......... V
АБСТРАКТ.................................................................................................. VI
ABSTRACT…………………………………………………………........... VII
ÖNSÖZ …………………….......…………….....……………….............. VIII
МАЗМУНУ………………………......…………………………….......... IX
ТАБЛИЦАЛАР ТИЗМЕГИ........................................................................ XI
СҮРӨТТӨР ТИЗМЕГИ............................................................................... XII
КИРИШҮҮ……………………………………….............……........ 1


### БИРИНЧИ БӨЛҮМ
### (АДАБИЯТТАРДЫ ТАЛДОО)


1. ЭЛЕКТРКЕРАМИКАНЫН ЧИЙКИ МАТЕРИАЛДАРЫ,
КАСИЕТТЕРИ ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯСЫ........................................... 2
1.1. Электркерамика материалдары жана негизги касиеттери.......................... 2
1.2. Электркерамиканы өндүрүүдөгү чийки материалдар…………… 5
1.2.1. Чопо материалдар……………………………………...... 5
1.2.2. Талаа шпаттары................................................................... 8
1.2.3. Кварц материалдары……………………………………….. 10
1.3. Электркерамикалык материалдардын өндүрүү технологиясы........... 10
1.3.1. Массаны даярдоо................................................................ 11
1.3.2. Калыпка салуу...................................................................... 12
1.3.3. Кургатуу.................................................................................. 14
1.3.4. Күйгүзүү.................................................................................. 15
1.3.5. Сырдоо...................................................................................... 17
1.4. Электркерамика материалдарын жергиликтүү чийки заттардан
алуунун проблемалары........................................................................................ 20

1.4.1. Жергиликтүү чийки заттардын өзгөчөлүктөрү........................................ 24
1.4.2. Технологиянын айырмычылыктары........................................................ 29

## ЭКИНЧИ БӨЛҮМ
## (МАТЕРИАЛДАР ЖАНА МЕТОДДОР)

2.1. Материалдар........................................................................................ 31
2.1.1. Үлгүлөрдү даярдоо ыкмасы.............................................................. 31
2.2. Изилдөө методдору................................................................................ 32
2.2.1. Электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгүн аныктоо ыкмасы........................................................................................................ 32
2.2.2. Электрфарфор массаларынын ийүүдөгү бекемдигин аныктоо ыкмасы........................................................................................ 33
2.2.3. Электрфарфор массаларынын электрдик бекемдигин аныктоо ыкмасы........................................................................................ 33

## ҮЧҮНЧҮ БӨЛҮМ
## (АЛЫНГАН ИЛИМИЙ МАТЕРИАЛДАР)

3. ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ЭЛЕКТРФАРФОРДУН НЕГИЗГИ ЭЛЕКТРФИЗИКАЛЫК ЖАНА МЕХАНИКАЛЫК КАСИЕТТЕРИ
3.1. Электрфарфордун суу сиңиримдүүлүгүн жана ийүүдөгү бекемдигин аныктоо...................................................................................................... 36
3.2. Электрфарфордун электрфизикалык касиеттери………………….. 38
3.2.1. Электрфарфордун электрдик бекемдиги................................ 41
3.2.1.1. Электрдик бекемдикти аныктоо................................ 42
3.2.1.2. Электрдик бекемдикти аныктоо методикасы............. 45
3.3. Традициялык фарфор менен салыштыруу........................................ 50
Жыйынтык............................................................................................... 52
Колдонулган адабияттар........................................................................ 54

## ТАБЛИЦАЛАРДЫН ТИЗМЕСИ

**1.1-таблица.** Электрфарфордун негизги касиеттери.

**1.2-таблица.** Электрфарфордун фазалык курамы.

**1.3-таблица.** Талаа шпаттарынын керамика жана фарфордогу үлүшү.

**1.4-таблица**. Кыргызстандын жана башка өлкөлөрдүн чополорунун химиялык курамы

**2.1–Таблица.** Электрдик бекемдиги аныкталуучу үлгүлөрдүн талаптуу өлчөмдөрү

**3.1-таблица**. Эксперименталдык электркерамика (электрфарфор) массаларынын курамдары, %

**3.2-таблица**. Ар кандай температурада күйгүзүлгөн электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгү жана ийүүдөгү бекемдиги.

**3.3-таблица**. Электрфарфор массаларынын электрдик бекемдиги $E_{пр}$, кВ/мм.

**3.4-таблица.** Традициялык фарфордун жана төмөнкү температурада күйгүзүлгөн электрфарфордун айрым касиеттери

## СҮРӨТТӨРДҮН ТИЗМЕСИ

**1.1-сүрөт**. Каолинит жана галлуазит минералдарынын түзүлүштөрү

**3.1-Сүрөт.** Разряд камерасы

**3.2-Сүрөт**. Электрдик бекемдикти аныктоочу жабдык

**3.3-сүрөт**. Пресс-форма

# КИРИШҮҮ

Учурда Кыргыз Республикасынын өндүрүшү электр керамикага, отко туруктуу жана бекем керамикага муктаж, ошондуктан өлкөдө мындай керамикалык материалдарды жергиликтүү чийки заттардан алуу актуалдуу маселелердин бири болуп саналат.

Кыргызстанда техникалык керамикалык материалдарды өндүрүү жокко эсе, бирок, өлкөнүн экономикасын, өзгөчө энергетика өнөр жайынын өнүгүшүндө алардын мааниси өтө чоң. Демек сапаттуу керамиканы өндүрүүдө алардын табиятын, алынуу технологиясын жана касиеттерин изилдөө зарыл.

Өнөр-жайдын ар кыл тармагында, күнүмдүк жашообузда кеңири колдонулуп келген жана колдонулуп жаткан керамикалык буюм-тайымдардын жасоо технологиясында энергетикалык чыгымдарды азайтуу күнүбүздүн маанилүү маселеси болуп саналат.

Салыштырмалуу төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун электрдик касиеттерин аныктоо энергетика өнөр-жайында колдонулуучу электр изоляторлорунун катарын сапаттуу жана салыштырмалуу арзан изоляторлор менен толуктоого жол ачып берет.

Изилдөө объектиси – төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун керамикалык массалары.

Изилдөөнүн предмети – жергиликтүү чийки заттардан алынган төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун касиеттери.

Иштин максаты - жергиликтүү чийки заттардан алынган төмөнкү температурада күйгүзүлгөн фарфордун электрдик касиеттерин аныктоо жана традициялык фарфор менен салыштыруу.

Коюлган максатты ишке ашыруу үчүн төмөнкү маселелер коюлду жана чечилди:

- электрфарфор үчүн керамикалык массанын баштапкы курамын тандоо;
- физикалык-механикалык касиеттерин аныктоо;
- электрфарфордун электрдик бекемдигин аныктоо;
- традициялык фарфор менен салыштыруу.

# I. АДАБИЯТТАРДЫ ТАЛДОО

## 1. ЭЛЕКТРКЕРАМИКАНЫН ЧИЙКИ МАТЕРИАЛДАРЫ, КАСИЕТТЕРИ ЖАНА ТЕХНОЛОГИЯСЫ

### 1.1 Электркерамикалык материалдар жана негизги касиеттери

Керамикалык технология диэлектрдик, жарым өткөргүч, пьезоэлектрдик, магниттик, металл керамикалык жана башка буюмдарды жасоо үчүн кеңири колдонулат [1]. Электркерамикалык материалдар менен катар көптөгөн изоляторлор айнектен дагы жасалат. Изоляторлорду жасоо үчүн аз щелочтуу жана щелочтуу айнектер колдонулат. Көптөгөн жогорку чыңалуудагы изоляторлордун түрлөрү чыңалган айнектен жасалат. Чыңалган айнектен жасалган изоляторлор механикалык бекемдиги жагынан фарфор изоляторлорунан дагы алдыңкы орунда турат [2]. Ал эми жука керамиканын ичинен өтө жакшы электр изоляциялоочу касиеттерге ээ болгон электркерамикалык материалдарды бөлүп көрсөтүү абзел. Анткени, электркерамикалык материалдар салыштырмалуу чоң көлөмдүк ($\rho v$) жана беттик каршылыкка ($\rho s$), жогорку электрдик бекемдикке (Епр) жана салыштырмалуу чоң эмес диэлектрдик жоготууларга ($tg\delta$) ээ [3].

Электр изоляциялоочу керамикадан ар кандай өлчөмдөгү жана ар кандай салмактагы ондогон, миңдеген буюмдар жасалат. Электр изоляциялоочу керамика минералдардан жана металл оксиддеринен турган, белгилүү химиялык курамдагы, калыпка салуу жана күйгүзүү ыкмасы менен алынган катуу материалдар. Электркерамикасы ар кандай татаал конфигурациядагы изоляторлорду жасоо мүмкүндүгү жана алардын бышыруу интервалынын кеңдиги менен башка электр изоляциялоочу материалдарга салыштырмалуу артыкчылыкка ээ. Электртехникалык фарфор электр изоляциялоочу материал катары кеңири колдонулат. Ага керектелчү чийки заттар дефицит эмес жана алуу технологиясы салыштырмалуу жөнөкөй болуп эсептелинет.

Электркерамика материалдарынын ичинен электрфарфор өтө жогорку электр изоляциялоо, механикалык касиеттерге ээ, атмосфералык жаан-чачындарга, көптөгөн химиялык заттарга, күндүн нуруна жана радиациялык нурланууга

туруктуу. Электрфарфордун кээ бир физикалык жана электрдик касиеттери 1.1-таблицада көрсөтүлгөн.

**1.1-таблица.** Электрфарфордун негизги касиеттери.

| **Негизги касиеттери** | **Электрфарфордун түрлөрү** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Катуу | Курамында муллит жогорку өлчөмдө болгон | Кристобалиттик | Корунд |
| Ийип сындыруудагы бекемдик, МПа | 70 | 120 | 110 | 170-220 |
| Уруудагы илээшкектик, кДж/м$^2$ | 1,5 | 2,0 | 2,2 | 2,5 |
| Электрдик бекемдиги, МВ/м | 30 | 35 | 35 | 35 |

Фарфордун механикалык бекемдиги механикалык касиеттеринен, массанын пластиктүүлүгүн төмөндөтүүчү материалдын кристаллдык структурасынан жана күйгүзүү процессинде пайда болуучу кристаллдык фазанын торчо булалуу микроструктурасынан (муллиттин ийнечелери) көз каранды.

Электрфарфор кристаллдык жана айнек (аморфтук) фазалардан туруучу тыгыз структуралуу материал. Анын структурасындагы айнек фаза, күчтөрдүн таралышына терс таасир тийгизүүчү көзөнөктөр сыяктуу эле, механикалык бекемдикти начарлатат.

Электрфарфор 1150кВ өзгөрүлмө жана 1500 туруктуу ток чыңалуусунда иштөөчү төмөнкү жана жогорку вольттуу изоляторлордун өндүрүшүндө колдонулуучу негизги материал.

Бардык электрфарфор материалдар үч топко бөлүнөт:

1. изоляторлор жасалуучу материалдар,
2. конденсаторлор жасалуучу материалдар,
3. диэлектрдик өткөргүчтүгү өтө жогору (аномалдуу) жана пьезоэффектке ээ болгон сегнет керамикалык материалдар [4].

Жогорку вольттуу изоляторлорго төмөнкүлөр кирет:

– таркатуу жабдыктары үчүн стационардык изоляторлор (тирөөчү, өтүүчү, киргизүүчү, май менен толтурулган ж.б.)

– электр линиялары үчүн сызыктуу изоляторлор (асма ж.б.)

Жогорку жыштыктагы жана жогорку вольттуу изоляторлорду алуу үчүн стеатит керамикасы колдонулат. Стеатит керамикасы тальк минердарынан алынат, негизги кристаллдык фазасы болуп магний метасиликаты эсептелинет. Стеатит материалдары басым жана температуранын жогору болгон учурларында туруктуулугун сактайт, андан тышкары жогорку механикалык касиеттерге, ар кандай сырткы факторлордун таасиринде (ным, температура, жогорку чыңалуу ж.б.) туруктуулукка ээ. Ошондуктан, стеатит жогорку жыштыктагы деталдарды, жогорку жана төмөнкү вольттуу конденсаторлорду, жогорку вольттуу, шам ичиндеги, көзөнөктүү ж.б. изоляторлорду жасоодо колдонулат [5].

Электркерамикалык массаларга чоподон тышкары кварц, калий талаа шпаты жана тальк, көмүр кычкыл барий же көмүр кычкыл кальций ж.б. кошулат. Фарфордун негизги компоненттери болуп чополуу заттар (каолин жана чопо, кварц, талаа шпаты, гипс, пегматит) минералдык чийки материалдар саналат. Тагыраак айтканда электрфарфор 45-50% пластик материалдары (чопо), 25-15% кварц жана 30-35% талаа шпатынан турган керамикалык массадан алынат. Электр фарфордун кээ бир түрлөрүнүн фазалык курамы 1.2-таблицада берилген.

**1.2-таблица.** Электрфарфордун фазалык курамы.

| **Курамы, %** | **Электрфарфор** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Катуу | Курамында муллит жогорку өлчөмдө болгон | Кристобалиттик | Корунд |
| Муллит | 25-28 | 35-48 | 23-25 | 10-12 |
| Кремнезем | 10-12 | 1-5 | 23-25 | - |
| Кристобалит | - | - | 20-25 | - |
| Корунд | - | 0-5 | - | 35-40 |
| Айнекфаза | 60-62 | 55-60 | 28-33 | 45-50 |

## 1.2. Электркерамиканы өндүрүүдөгү чийки материалдар

Электртехникалык керамика материалдарынын өндүрүшүндө негизги чийки материалдар катары оной эрибөөчү жана отко туруктуу чополор, каолиндер, пегматиттер, кварц кумдары жана талаа шпаттары колдонулат. Андан тышкары, электркерамиканын өндүрүшүндө жаңы чийки материалдар да кеңири колдонулууда. Мисалга алсак, волластанит, тальк, глинозем, циркон ж.б.

Фарфор массасын даярдоодо материалдар экиге бөлүнөт: пластик жана пластик эмес, ал эми бышыруу процессиндеги орду боюнча – эрүүчү жана кристалл жасоочу компоненттер. Пластик компоненттер фарфор массасына негизги жумушчу касиеттерин берүү үчүн кошулат: жарым даярдалган буюмду күйгүзүүгө чейин бардык технологиялык процессте пластик, бириктирүүчү касиеттерин жана механикалык бекемдигин камсыз кылат.

Пластик эмес материалдар (кварц жана талаа шпаты ж.б.) күйгүзүүгө чейинки технологияда чопо аралашмасынын пластиктигин төмөндөтүүчү жана кургатуудан кичирейүү көрсөткүчүн кыскартуу менен жарым даярдалган буюмдун кургатуу процессин жеңилдетүүчү компонент катары колдонулат.

Фарфор материалы бышыруу процессинде пайда болот. Мындай учурда талаа шпаты, 1140 - 1200°С абдан чапташтыруучу талаа шпаттык айнек болуп эригенден кийин массанын бышуусуна шарт түзөт. Мындан кийинки температуранын жогорулашында талаа шпаттык айнек массага киргизилген каолиндин бөлүнүүсүнүн продуктусу болгон аморфтуу $SiO_2$ жана кварцтын эрүүсү менен кремнезем менен каныгат. Жарым даярдалган буюмду термиялык кайра иштетүүнү камтыган, татаал технологиялык процесстин негизинде, структурасы кристаллдык муллиттин түрлөрү жана эрибей калган кварцтын бөлүкчөлөрү менен көбүнчө айнек фазасынан даяр фарфор алынат.

### 1.2.1.Чопо материалдар

Керамикалык массаларда чополуу материалдар негизги жана эң маанилүү компонент болуп эсептелинет. Анткени, ушул материалдар нымдуу абалында пластик массаны пайда кылат, ал масса механикалык күчтөр менен

жалпылуулукту бузбастан деформацияланат жана ошол формасын кийинки кургатуу жана күйгүзүүдө сактай алат.

Чопо кеңири таралган чийки заттардын бири болуп эсептелинет. Ал (физикалык, химиялык жана биологиялык) магматикалык (гранит, вулкан айнектери, туфтар, порфираттар) же метаморфтук талаа шпаттуу тоо тектеринин табигый шамалдануусунан пайда болот.

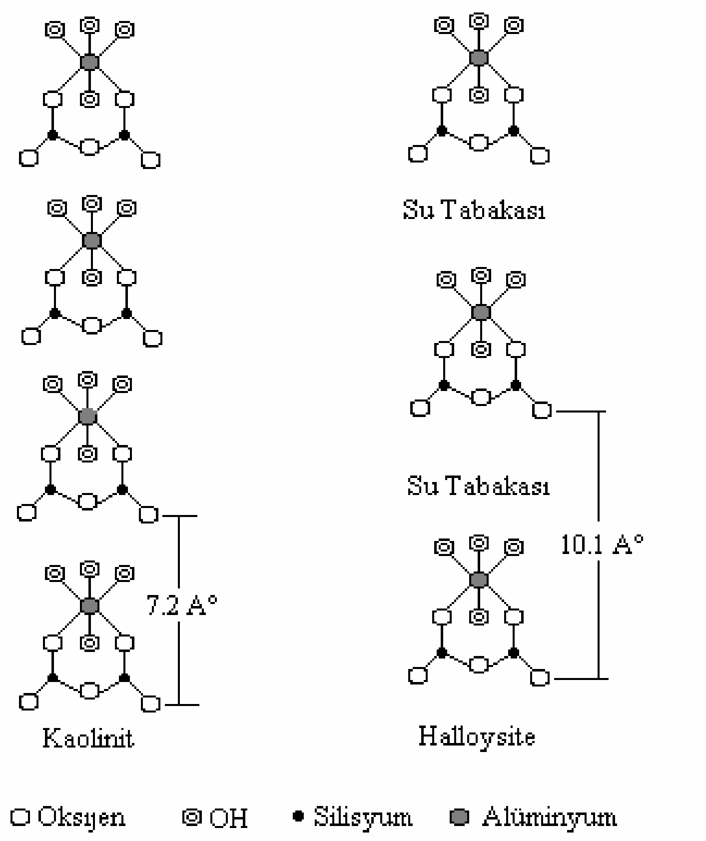
Заттык курамына жараша чополуу материалдар мономинералдуу (каолиндер) жана полиминералдуу болушат. Мындай материалдардын химиялык жана гранулометриялык (дандык) курамы мүнөздүү техникалык касиеттерин жана тигил же бул керамикалык буюмдардын өндүрүшүндө колдонула тургандыгына шарт түзөт.

Чополуу минералдарды коллоид-дисперстүү система катары караш керек. Бөлүкчөлөрүнүн көпчүлүгүнүн өлчөмү 2 мкмден ашпаган жогорку деңгээлдеги дисперстүүлүгү чопо минералдарынын негизги өзгөчөлүгү болуп саналат.

Минералогиялык курамы боюнча чополуу минералдар кандайдыр бир деңгээлде алардын касиеттерине таасирин тийгизүүчү ар кандай кошумчалуу минералдардан турган полиминералдуу тоо тектерин мүнөздөйт. Л. Паулинг (Pauling, 1930), В.Л. Брегг (1937), Р.Е. Грим (1959), Н.В. Белов (1961), Б.Б. Звягин (1964), Л.Г. Рекшинской (1966) ж.б. илимпоздордун жасаган иштеринде көргөзүлгөндөй чополуу минералдар алюминий, темир жана магнийдин катмарлуу жана катмар-ленталык силикаттарына кирет. Жартылышта алар бир канча микрометр болгон абдан майда микрокристаллдар түрүндө кездешет. Мындай көрүнбөгөн минералдардын негизги мүнөздөмөсү бул алардын спецификалык анизометриялык формасы [5]. Гидрослюда, каолинит жана галлуазит жогорку сапаттагы керамиканы даярдоо үчүн эң жакшы чийки материалдар катары саналат. Алардын түзүлүштөрү 1.1-сүрөттө көрсөтүлгөн. Аларды, резина жана парфюмер буюмдарын, кагаз жасоодо минералдуу толтургуч катары да колдонушат.

Каолинит – фарфор өндүрүшүндөгү баалуу чийки зат. Монтмориллонит эң жакшы адсорбциялык касиеттерге ээ жана мунай заттарды, вино, сукно жана жүндү тазалоодо кеңири колдонулат. Көп өлкөрдө монтмориллонитти эң сонун

жуучу каражат катары жана эффективдүү дары катары да колдонушкан [38]. Азыркы учурда монтмориллониттүү чополорду таралган техногендик кирликке каршы жана радиоактивдүү таштандыларды жашыруу үчүн табигый минералдык тосмо катары колдонушат.




**1.1-сүрөт**. Каолинит жана галлуазит минералдарынын түзүлүштөрү

Чополуу тектердин касиеттери көбүнчө чополуу минералдардын кристалл химиялык өзгөчөлүктөрү жана жогорку дисперстүүлүгү менен аныкталат [12]. Монтмориллонит жана аралаш катмарлуу чополуу минералдар өзгөчө кристаллдык түзүлүштүн мисалы катары каралат. Алар жылып туруучу кристалл торчосуна ээ. Бул минералдар суу менен аракеттенгенде суунун молекулалары минералдын кристаллдык торчосунун жөнөкөй катмарына кирип, торчону жылдырышы мүмкүн. Чополуу минералдар кээ бир иондорун башка иондорго жана кристаллдык торчодогу бөлүкчөлөрүн эритмедеги иондорго алмаштыра

алат. Чополуу минералдардын мындай өзгөчөлүктөрү, жогорку дисперстүүлүгү адсорбцияга ылайыктуу. Адсорбция - эритмелердеги ар кандай заттарда жана химиялык элементтерди өзүнө сиңирип алуу жөндөмдүүлүгү.

Чополуу минералдардын бөлүкчөлөрү сууда гидратташат. Бул дагы анын эң маанилүү касиети. Мындай учурда бөлүкчөлөр терс зарядка ээ болушат, тегерегиндеги ага карама-каршы иондогу гидратташкан бөлүкчөлөр ага тартылат. Бул процесстин натыйжасында эки электр катмары пайда болот (ДЭС). Башкача айтканда, чополуу минералдар суу менен аракеттенгенде анын тегерегинде суунун жука катмары пайда болот. Бул чополуу тектердин касиеттерине абдан чоң таасирин тийгизет.

Чополуу минералдардын бөлүкчөлөрүнүн кристалл химиялык өзгөчөлүктөрү жана суу менен аракеттенүүдөгү спецификалык кыймылы чопонун пластик, кургатуудагы кичирейүү, суулаганда көбүү касиеттерин жана электр талаасындагы чополуу бөлүкчөлөрдүн кыймылын аныктоого шарт түзөт.

Көптөгөн изилдөөлөрдөн кийин чополуу тектердин микроструктурасынын негизги беш тиби сунушталган. Алар көңдөйлүү, скелеттүү, матрикалык, турбуленттүү жана ламинардуу. Чополуу тектердин микроструктуралары анын касиеттери менен дагы тыгыз байланышкан.

### 1.2.2. Талаа шпаттары

Фарфор жасоодо агым материалы катары щелочтук жана жер щелочтук элементтеринин минералдарынан турган талаа шпаттары колдонулат. Талаа шпаттары салттык керамикаларда көп колдонулган зат болуп эсептелет. Талаа шпаттары калийди, натрийди, кальцийди жана ошондой эле сейрек болсо да барийди камтыган алюминий силикаттар тобун түзүшөт. Талаа шпаттары силикаттар торчосунун структурасындагы $Al^{3+}$ иондору кээ бир $Si^{4+}$ иондорунун ордуна келип терс заряддуу торчону түзөт. Бир терс заряд $Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{2+}$ жана $Ba^{2+}$ сыяктуу ири щёлоч иондору менен баланста болот. Бул минералдар моноклиндик жана диклиндикк системада кристаллдашуусуна карабастан бүтүндөй кристалл түрлөрү, тыш бурчтары бири бирине окшош жана 90°тук бурчту түзгөн жакшы

өрчүгөн эки кесими бар. Катуулуктары 6 жана тыгыздыгы 2,55-2,76 болуп саналат.

Талаа шпаттары эки чоң группага бөлүнөт: щёлочтук талаа шпаттар жана плагиоклаздар. Керамикаларда щёлоч талаа шпаттардын болушу тандалат. Талаа шпаттары жалпысынан керамика жана фарфор (электрфарфор, медициналык каражаттар, ж.б.), айнек (кристалл, оптика, терезенин айнеги, идиш-аяк) өндүрүшү менен башка (жумшак наждак, самын, өтүк май, сыр, ж.б.) тармактарда чийки зат катары колдонулат.

Керамикага керектелчү талаа шпаттары – булар К - талаа шпаттары (калий талаа шпаттары). Өзгөчө, эритүүчү өзгөчөлүгү үчүн колдонулат. К - талаа шпаттардын жумшоо жана эрүү температура аралыгы Na - талаа шпаттарын жана башкаларга караганда кеңирээк болуп, коюу аралашма пайда кылгандыгы үчүн көпчүлүк учурда колдонулат.

Ак керамикалардын өндүрүшүндө талаа шпаттар чопонун бышырылуу учурунда суюктукту ажыратып, күйгүзүү температурасын төмөндөтүү максатында колдонулат. Мештин режимин тактап турган эң маанилүү чийки зат болуп эсептелет. Колдонулган талаа шпаттын түрү жана саны бышыруу учурунда айнектешүү деңгээлин контролдойт. Талаа шпаттарды эритүү өзгөчөлүгүнө таасирин тийгизген факторлорго чопонун кошундусу жана эң маанилүүсү $Na_2O$, $K_2O$, $Li_2O$ сыяктуу щёлоч кычкылдары кирет. Базар экономикасында бир К-талаа шпаты 10%дан көп $K_2O$, бир Na – талаа шпаты эң аз 5-7% $Na_2O$ камтыйт (1.3-таблица). Талаа шпаттары майда (орточо эсеп менен 0,074 мм) жана бышууда өңү ак болушу зарыл.

**1.3-таблица.** Талаа шпаттарынын керамика жана фарфордогу үлүшү.

| Компоненттер | Фарфордо | Керамикада |
|---|---|---|
| $K_2O$ | 6 % тен көп | 8%тен көп |
| $Na_2O + K_2O$ | 8% тен көп | 10%тен көп |
| $Fe_2O_3$ | 0.25%тен аз | 1.5%тен аз |
| $TiO_2 + CaO + MgO$ | 2%тен аз | 1.5%тен аз |
| Ным | - | 3.3%тен аз |

Талаа шпаты көп санда колдонулса, керамикалык масса деформацияга дуушар болот. Төмөн эрүү температурага ээ болгон плагиоклаздар көбүнчө сырларда колдонулат [6].

### 1.2.3. Кварц материалдары

Фарфор массасынын негизги түзүүчү бөлүгү болуп кремнезем материалы эсептелинет. Ал кварц куму түрүндө шихтага кошулат. Фарфор өндүрүшүндө өтө таза кварц кумдары колдонулат. Белгилүү болгондой эле кремнезем татаал полиморфизми менен өзгөчөлөнөт. Баардыгы болуп кремнеземдун он кристаллдык жана эки айнек формалары бар.

Кварцтын полиморфтук айлануулары анын физикалык касиеттеринин жана көлөмдүк өзгөрүүлөрү менен байланыштуу. Тез жүрүүчү полиморфтук айлануулар, өзгөчө кремнеземдун негизги модификацияларынын (кварц, тридимит жана кристобалит) бири-бирине өтүшү жана ß - кристобалиттин α-кристобалитке өтүшү иш жүзүндө чоң мааниге ээ.

## 1.3. Электркерамика материалдарынын өндүрүү технологиясы.

Электркерамикалык буюмдардын өндүрүү процесстери жалпы түрдө көптөгөн булактарда жазылган [1, 3, 4, 7, 8]. Ар бир конкреттүү учурларда процесс өзгөрүлүп турат, бирок өндүрүүдө негизги жана жалпы болгон процесстери бар. Жогоруда белгиленип кеткендей, керамикалык материалдардын алуу технологиясы чийки заттарды аралаштыруу, калыпка салуу, кургатуу жана бышыруу (күйгүзүү) процесстеринен турат. Электр фарфорун алуу үчүн жогоруда көрсөтүлгөн чийки заттар суу менен бирге аралаштырылат. Андан кийин калыпка салынат. Фарфор массасынан алынган буюмдар жонуу, пресстөө, гипс калыптарына куюу, керектүү конфигурациядагы жылчык аркылуу өткөрүү сыяктуу ар кандай ыкмалар менен жасалат. Бул процесстер тууралуу төмөндө кеңири маалыматтар берилген.

### 1.3.1. Массаны даярдоо

Керамикалык масса бөлүкчөлөрдүн өлчөмдөрү жана таралышы менен мүнөздөлөт. Күйгүзүлгөн керамикалык буюмдардын жана материалдардын технологиялык касиеттери, күйгүзүүгө даярдалган буюмдардын бекемдиги, тыгыздыгы, курамындагы нымдын өлчөмүнөн көз каранды.

Массаны даярдоонун негизги процесстеринин бири болуп компоненттерди майдалоо эсептелинет. Массанын катуу минералдык компоненттерин биринчи жаактуу майдалагычтарда, андан кийин чуркаткычтарда майдалап, берилген фракцияны алуу үчүн титиреме электерде элешет. Андан кийин мезгилдүү жана үзгүлтүксүз иштеген ротациялык жана шар тегирмендеринде нымдуу жана кургак түрдө майдалоолорду жүргүзүшөт. Абдан жакшы майдалоо үчүн кысылган аба колдонулган агым тегирмендери колдонулат.

Массанын кээ бир компоненттеринин майдалоо даражасы материалга, буюмдардын өлчөмүнө, кургатууга жана күйгүзүүгө коюлган талаптардан көз каранды. Майдалоодо массанын компоненттери аралашат. Элек жана микроскопиялык анализдер менен майдалоонун даражасын текшеришет. Лабораторияларда седиментациялык анализ менен текшеришет. Массадан темирдин бөлүкчөлөрүн чыгаруу үчүн майдаланган массаны магниттүү сепаратордон өткөрүшөт.

Нымдуу майдалоодон кийин суулуу шликер 0,8 - 3 МПа басымда фильтр-прессте суусуздандырылат. Корж түрүндө фильтрдын пластиналарынын арасында калган масса ар кандай иштетүүлөргө дуушар болот. Пластик массаларды даярдоо үчүн корждор вакуум-пресске салынат. Ал абаны чыгарууга жана даярдалуучу материалдарга акыркы профилин берүүгө жардам берет.

Пресстөө ыкмасы менен жасалчу буюмдардын массасын даярдоо үчүн корждорду кургатып, майдалашат. Андан кийин массаны элешет, магниттүү сепаратордон өткөрүшөт, бириктирүүчү заттар кошулат, тыкандык менен аралаштырылат жана гранул массалар (өлчөмдөрү 0,5 - 2 мм гранулдарды элеп чаңсыздандырышат) пресс-порошокторду даярдашат.

Басым менен металл калыптарга ысык куюуга шликерди даярдоо үчүн масса алдын ала синтезделет, барабан же вибрациялык тегирмендерде берилген

дисперстүүлүккө чейин майдаланат (салыштырмалуу бети 350 - 800 $м^2$/кг). Андан кийин олеин кислотасы кошулган парафин кошулуп, 70 - 80°С калактуу, пропеллер же башкача аралаштыргычта аралашылат.

### 1.3.2. Калыпка салуу

Массанын курамына, даярдоонун технологиялык өзгөчөлүктөрүнө, конфигурациясына, габариттик өлчөмдөрүнө жана буюмдардын өндүрүү масштабына жараша кийинки негизги методдорду колдонушат: пластик түрүндө калыпка салуу, пресс-порошоктордон пресстөө, суулуу шликерди гипс калыптарына куюу, басым менен металл калыптарга ысык бойдон куюу жана жогорку температурада пресстөө.

Пластик түрүндө калыпка салуу электртехникалык буюмдарды жасоодо маанилүү метод. Бул метод негизинен ар кандай фарфор изоляторлорду чыгарууда, кээде атайын буюмдарды (стеатит, кордиерит, конденсатордук, глиноземдук ж.б.) жасоодо колдонулат. Пластик түрүндө калыпка салуу менен буюмдарды даярдоодо керамикалык массаны ленталык прессте көп жолу аралаштырышат, вакуумдашат.

Жоон түтүк түрүндөгү керамикалык буюмдар пластик массасынан кубаттуу вакуум-пресстин жардамы менен коохдолот. Акыркы конфигурацияга тегеренген гипс же металл калыптарында пластик түрүндө калыпка салуу жана механикалык кесүү менен жеткирилет. Бул метод өтө чоң габариттүү жогорку вольттуу изоляторлорду жана ага окшош буюмдарды жасоодо колдонулат. Кээ бир буюмдарды гипс калыптарында колго жасашат.

Берилген конфигурациядагы даяр же механикалык жактан кайрадан иштетилүүчү буюмдарды жасоодо кеңири таралган методдордун бири пресс-порошоктон (күкүм) пресстөө методу. Калыпка салынуучу буюмдун конфигурациясына, пресс-порошоктун канчалык денгээлде пластиктүүлүгүнө жана талаптарына жараша пресстөөнү ар кандай ыкмалар менен жүргүзсө болот.

Штамптоо жогорку пластиктүү курамында чопо (фарфор, радиофарфор, ультрафарфор ж.б.) жана гидроорганикалык пластификаторлору бар материалдардан ар кандай конфигурациядагы буюмдарды жасоодо колдонулат.

Изостатикалык пресстөө чачылган эластикалык формадагы пресс-порошокту басууда негизделген. Изостатикалык пресстөө резина формасында суюктуктун гидростатикалык басымы менен ишке ашырылса гидростатикалык пресстөө деп аталат. Бул ыкма изоляторлордун кээ бир түрлөрү, пьезокерамикалык элементтер үчүн колдонулат. Ал буюмдарга тыгыз жана бирдей касиеттерин берет.

Жөнөкөй формадагы атайын жасалган буюмдарды жасоодо жогорку температурадагы калыпка салуу колдонулат. Керамикалык материалдарды басым менен жогорку температурада ысыкка чыдамдуу идиштерде бышырууда негизделген. Баштапкы материал күкүм же гранул түрүндө колдонулат. Басым, температура жана пресстөөнүн узактыгы материалдын курамы, өлчөмү жана конфигурациясы менен аныкталат.

Суулуу шликерлерди көзөнөктүү калыптарга куюу керамикалык буюмдарды жасоонун эң эски ыкмаларынан бири болуп эсептелинет. Бул ыкма азыр да айрыкча чоң габариттүү керамикалык конденсаторлорду, антенна жабдыктарын жана татаал формадагы буюмдарды жасоодо кенири колдонулуп келет. Шликерди көзөнөктүү, гипс калыптарга куйганда, калып массадагы нымдуулукту соруп алат дагы калыптын үстүндө керамикалык массанын тыгыз жана бекем катмары пайда болот.

Буюмдарды калыпка куюунун эки негизги ыкмасы бар. Куюштуруу ыкмасында калыптын ичинде массанын берилген калыңдыкты пайда кылгандан кийин ашкан шликер калыптан төгүлүп салынат. Куюу ыкмасында фильтрленген масса калыпка толтурулат.

Пластик эмес материалдардан так өлчөмдөгү татаал формадагы жана калындыгы 10 мм ашпаган буюмдарды жасоо үчүн басым менен ысык түрдө куюу ыкмасы колдонулат. Мындай ыкма атайын жасалган аппараттарда металл калыптарга температурасы 70 - 80°C жана ашыкча басым 0,1 - 1 МПа болгон учурда ишке ашырылат. Калыпка вакуумдалган шликер куюлат жана басым аркылуу металл калыпты толтурат. Калыпты муздатканда шликер катуулайт. Буюмдарды бул метод менен жасоо көп эмгекти талап кылат.

Күйгүзүлбөгөн керамикалык буюмдарды жонуу изоляторлорду жана башка тегерек формага ээ болгон буюмдарды жасоодо кенири колдонулат. Пластик

массаны созуу (экструзии) методу менен алып жонууга буюмдарды даярдашат. Жонуу үчүн атайын кескичтер карматылган горизонталдуу жана вертикалдуу станоктор колдонулат. Жонууга материал ным же кургак түрдө берилет. Кээ бир учурларда алдын ала күйгүзүлгөндөн кийин жонууга берилет.

Калыпка салууда буюмдарда ар кандай дефекттер пайда болушу мүмкүн. Мисалы: буюмдун калыңдыгынын ар түрдүүлүгү, калыптардын эскилигинин буюмдарда калган издери, гипс калыптарынын гипс бөлүкчөлөрүнүн массага кирип кетиши.

### 1.3.3. Кургатуу

Жарым фабрикаттын бекемдигин жогорулатуу жана күйгүзүүгө даярдоо үчүн кургатуу процесси жүргүзүлөт. Кургатуу тегиз болбой жана тез болсо буюм деформацияга жана жаракаланууга дуушар болот. Ошондуктан, кургатуу процессине дагы көп көңүл буруу зарыл.

Созуу (экструзии), пресстөө ж.б. методдору менен алынган, станоктордон жонулган электрофарфор буюмдары 17 – 18% нымдуулукка ээ. Мындай нымдуулукту 0,2 - 2,0%га чейин жеткирүү үчүн фарфор буюмдарын ар кандай конструкциядагы кургатуучу камераларда кургатышат. Изоляторлордун көлөмү жана калындыгы канчалык чоң болгон сайын андагы нымдуулук ошончолук аз болушу зарыл.

Буюмдарды кургатуунун башка түрлөрү бар: конвективдүү кургатуу, бул учурда буюм жылуу аба менен кургатылат, бууланган нымдуулук сыртка чыгарылат; радиациялуу, мында электр жылыткычтарынан нурдуу энергия таралат; радиациялуу-конвективдүү, конвективдүү жана радиациялуу жылытуулар коштолот. Мындай ыкма чоң жана орточо изоляторлорду кургатууда өтө эффективдүү.

Кургатуу үчүн мезгилдүү жана үзгүлтүксүз иштеген кургатуу агрегаттар колдонулат. Мезгилдүү кургатуу агрегаттары чоң габариттүү изоляторлор үчүн колдонулат. Орточо габариттеги жана майда буюмдар үчүн үзгүлтүксүз кургаткычтар (конвейер, туннель) колдонулат.

Буюмдарды жылытуу ыкмасы боюнча конвективдүү, радиациялуу жана конвективдүү - радиациялуу кургаткычтар, газдарды колдонуу ыкмасы боюнча— бир жолу жана көп жолу толтурулуучу, андан тышкары жабык циклде абаны колдонуучу, кургаткычтарда буюмдардын кыймылы боюнча — туннелдүү (буюмдардын мезгил мезгил менен алмашуусу) жана конвейердүү (үзгүлтүксүз горизонталдуу же вертикалдуу) болуп бөлүнүшөт. Горизонталдуу конвейердүү кургаткыч узундугу 8 - 10 м, туурасы 3 - 5 м жана бийиктиги 3 - 4 м болгон камера, вертикалдуу конвейердүү кургаткыч узундугу жана бийиктиги 5 - 6 м болгон камера. Үзгүлтүксүз кыймылдагы туннелдүү кургаткыч узундугу 20–25 м, бийиктиги 2,5 - 3,5 м болгон камераны мүнөздөйт. Алардын туурасы туннелдин ичиндеги изоляторлор коюлган вагондордун санына жараша болот.

### 1.3.4. Күйгүзүү

Күйгүзүү процесси керамикалык буюмдардын структурасын жана касиеттерин пайда кылат. Негизи, буюмдарда эки жолку күйгүзүү жүргүзүлөт. Биринчи күйгүзүү негизги касиеттерин аныктоочу болуп саналат – катуу фарфор үчүн алдын-ала күйгүзүү (900-1000°C), жумшак фарфор үчүн (1260°C), фаянс үчүн (1250-1280°C), майолика үчүн (990-1100°C).

Экинчи күйгүзүү – катуу фарфор үчүн (1350-1420°C). Экинчи күйгүзүүнүн максаты - компоненттердин физикалык, химиялык айланууларын акырына чейин чыгаруу, буюмдун жана глазурдун акыркы структурасынын калыптандыруу [10-12]. Ал эми төмөнкү температурада күйгүзүлчү фарфор бир гана жолу күйгүзүлөт [15].

Электркерамикалык материалдарды жогорку температурадагы (1280—1350° С) күйгүзүү процессинде анын курамындагы минералдардын бөлүкчөлөрүнүн ортосунда татаал физикалык жана химиялык процесстер жүрөт. Мындай процесстин натыйжасында кристаллдык жана айнек түзүлүшүндөгү жаңы зат пайда болот. Электр изоляциялоочу керамика башка керамикалык материалдар сыяктуу эле — кристаллдык, аморфтук жана газ фазасынан турган көп фазалуу материал. Ошондуктан, материалдын касиеттери анын химиялык жана фазалык

курамынан, макро- жана микроструктура, ошондой эле алуу технологиясынан көз каранды [10].

Күйгүзүү процесси өндүрүштө маанилүү жана акыркы жыйынтыктоочу процесс болуп эсептелет. Күйгүзүү процессинин, жылытуу стадиясында суу, газ бөлүнүп чыгат, материалдын полиморфтук айлануулары жүрөт, тыгыздык жана көлөм өзгөрөт, кристаллдык жана аморфтук фазалар жаралат булардан дагы башка процесстер жүрөт. Буюмдардын габаритине жана колдонулуучу мештердин конструкциясына жараша берилген температуралык, газдык жана гидравликалык режимдер боюнча күйгүзүү жана муздатуу процесстери жүргүзүлөт. Фарфор буюмдарын күйгүзүү үчүн мезгилдүү жана үзгүлтүксүз кыймылдагы от мештери колдонулат. Кичине габариттүү жана атайын дайындалган буюмдар үчүн молибден дисилицидинин негизинде жасалган, силиттик жана башка жылыткычтарын колдонгон мезгилдүү жана үзгүлтүксүз кыймылдагы электр мештери колдонулат. Керамикалык изоляторлорун күйгүзүү фарфор жасоо технологиясында кымбат операция.

Чоң габариттүү изоляторлорду күйгүзүүдө мезгилдүү иштөөчү, тегерек, тик бурчтуу, бир, эки жана үч кабаттуу, стационардуу жана жылдырылуучу салгычтар менен от мештери колдонулат. Өндүрүштө колдонулуучу тегерек мештердин көлөмү 120 $м^3$ чейин болот. Мештер суюк же газ отуну күйгөндөн кийинки жылуулук менен жылытылат; жумушчу камерага келген жылуулук изоляторлорду жылытат; камерадагы күйгүзүлгөн изоляторлор аба менен муздатылат. Чоң тегерек мештерде күйгүзүү көп отунду талап кылат жана мештен изоляторлорду чыгарууну оордотот.

Акыркы жылдарда көлөмү 80 $м^3$ болгон тик бурчтуу камералык мештерди айрыкча бир типтүү чоң габариттүү изоляторлор үчүн колдонуп келишет. Бул колдонуу көп жумушту талап кылган технологиялык процесстерди механизациялаштырат, өндүрүмдүүлүктү жогорулатат, күйгүзүүнүн циклин кыскартат, кубаттуулуктун чыгымын азайтат, күйгүзүү чөйрөсүн жана режимин автоматташтырат.

Үзгүлтүксүз иштеген мештер аз отунду колдонуу менен үзгүлтүксүз даяр продукцияны чыгарып бере алышат. Алар мезгилдүү иштеген мештерге караганда

бир далай экономдуу болушат. Мезгилдүү мештерге караганда да мындай мештерде иштөө иштеген персонал үчүн жакшыраак. Туннелдүү мештер күйгүзүү процессин механизациялоо жана автоматизациялоого мүмкүнчүлүк түзөт. Ушул себептер менен туннелдүү мештер изоляторлордун кеңири ассортиментин күйгүзүү үчүн колдонулуп келет жана перспективдүү болуп саналат. Фарфор изоляторлорун күйгүзүү үчүн узундугу 140 м, туурасы 2,3 м жана бийиктиги 2,2 м болгон туннелдүү мештердин кээ бир типтери колдонулат. Өрткө туруктуу материалдар менен футерленген вагондорго күйгүзүлүүчү буюмдар коюлат. Күйгүзүү режими мештин башынан аягына текшерүү - өлчөө приборлору менен текшерилип турат.

Күйгүзүү процессин жүргүзүүнүн негизи температуралык жана газдык режимдерди сактоо болуп эсептелинет (нейтралдуу, кычкыл же кайра калыбына келтирүү чөйрөлөрүн түзүү). Буюмдардын көлөмүнө жана материалдардын касиетине жараша күйгүзүүнүн режими тандалат. Буюмдарды күйгүзүүнүн температурасы оптималдуу температурадан башка мааниге ээ болушу мүмкүн бирок бул буюмдун сапатына таасирин тийгизбейт (бышуу абалынын интервалы). Бул интервал электрокерамикалык материалдар үчүн маанилүү өндүрүштүк көрсөткүч. Ар кандай материалдар үчүн бул интервал 10 - 80°С аралыгын түзөт. Керамиканын түрлөрүн күйгүзүү 1100 - 2000°С жана андан жогорку температурада жүргүзүлөт.

### 1.3.5. Сырдоо (глазурь менен каптоо)

Фарфор изоляторлор кирдөөдөн, курчаган чөйрөнүн таасиринен сактоо жана эксплуатация учурунда оңой тазалоо үчүн сырдалат (глазурдун жука катмары 0,1 - 0,3 мм менен капталат). Андан тышкары, ал буюмдун сырткы көрүнүшүн, электрдик жана механикалык касиеттерин жакшыртат.

Фарфор сырдалгандан кийин күйгүзүлөт. Күйгүзүү процессинде сыр балкып эрийт дагы изолятордун үстүнкү бетин жука айнек сымал катмар менен каптайт. Сыр жаракаларды жана башка дефектерди каптап, механикалык бекемдикти жогорулатат жана изоляторлордун үстүнөн токтун ысырап болушун төмөндөтөт.

Электр техникалык өндүрүштө колдонулуучу сырдын химиялык курамы, %: $SiO_2$ 66,0 - 72,2; $Al_2O_3$ 11,7 - 17,2; RO 5,7 - 7,7; $R_2O$ 4,2 - 5,4. Күрөң түстөгү сырды даярдоо үчүн кварц кумунун ордуна шихтанын 16,0 - 35,4% түзгөн фарфор сыныктарын жана боёкторду кошушат.

Боёктор сырга атайын өң-түс берүү үчүн колдонулат. Боёк катары темирдин, хромдун, марганецтин ж.б. оксиддери, көбүнчө хромдуу темир, марганец жана пиролюзит колдонулат. Боёктун сырдагы көлөмү 8 - 13% түзөт.

Күрөң түстөгү сырдын химиялык курамы (масс. %): $SiO_2$ 65,7 - 68,3; $Al_2O_3(TiO_2)$ 13,4 - 13,8; $Fe_2O_3$ 2,1 - 2,3; CaO 3,8 - 5,1; MgO 3,7 - 4,7; $Na_2O$ 1,2 - 2,1; $K_2O$ 1,9 - 2,2; $Cr_2O_3$ 2,6 - 3,1. Сырлардын чийки заттары жаратылыштагы материалдар болуп саналат.

Радиотехникалык жана электрондук өндүрүштө сырдоо үчүн жумшаруу температурасы 560 - 710°С болгон түрдүү маркадагы айнекэмалдар колдонулат. Коргошун силикатынын, BaO, $Na_2O$, $K_2O$ ж.б. металлдардын оксидинин кошулмаларынын негизиндеги мындай айнекэмалдар жогорку электр изоляциялык көрсөткүчтөрү менен мүнөздөлөт.

Сыр менен капталган буюмдардын механикалык бекемдиги сыр катмарынын сапатына көз каранды (микросыныктар жана башка дефекттердин болушу мындай көрсөткүчтүн төмөндүгүнөн болот). Башталгыч сынып жарылуулар беттин түздүгүнүн жана керамикалык буюмда сырдын кысылуу денгээлинен көз каранды. Сыр менен капталган буюмдардагы чыңалуунун мааниси жана таралышы күйгүзүү жана муздатуу шарттарына, керамика менен сырдын СКТК (сызыктуу кеңейүүнүн термикалык коэффициенти) катнашына, керамика — сыр көрсөткүчүнө жараша болот. Керамикалык материал менен сырдын СКТК көрсөткүчүнүн бири-биринен айырмачылыгы эң эле маанилүү фактор болуп эсептелет. Майда жарылуулардын пайда болушу дагы СКТКнын маанисинен көз каранды. Кысылуу абалында гана сыр керамиканын механикалык бекемдигин жогорулатат. Сырдын СКТКти керамиканын СКТКнен чоң болгондо созулуу чыңалат да, керамиканын механикалык бекемдиги төмөндөйт. Сырдын СКТКти (4,5—5,5) $10^{-6}$ $K^{-1}$ болгондо сырдалган фарфордун үзүүдөгү бекемдиги 140 - 130 МПа, сырдын СКТКти (6 - 7) $10^{-6}$ $K^{-1}$ — 120 - 70 МПа.

Күйгүзүүдөн мурун изоляторлордун кургатылгандары куюу, чумкутуу, 1400 - 1700 кг/$м^3$ тыгыздыктагы сырдын суспензиясы менен чачуу ыкмалары менен сырдалат. Изоляторлордун көлөмүнө, өлчөмүнө жараша селкинчек түрүндөгү, конвейер машиналар жана көтөрүлүүчү станоктордун жардамы менен сыр менен каптоо иши ишке ашырылат.

Электр талаасын тендөө үчүн (айрыкча өткөргүчтүү изоляторлордун ички бетин каптоодо) жарым өткөргүчтүү сырдын төмөнкү каршылык туруктуулугу ыңгайлуу, бирок мындай учурда изолятордун конструкциясынын өзгөчөлүктөрүн эске алуу керек. Андан тышкары төмөнкү каршылык туруктуулукта сырга жылуулук зыяны пайда болушу мүмкүн. Изолятордун термотуруктуулугуна жана анын эксплуатациясынын шарттарына жараша эксперимент аркылуу жогорку чегин аныкташат. Мындай учурда термотуруктуулук деп, сырдын берилген температурада туруктуулугу 2 эсеге төмөндөшүн айтабыз. Мындай температура канчалык жогору болсо, сырдын термотуруктуулугу ошончолук жогору.

Жарым өткөргүчтүү сыр менен капталган изоляторлорду сырткы түзүлүштөрдө колдонууда өткөрүүчү компоненттин металл менен контакт болгон жерде эрозия пайда болгондугунан сапаты төмөндөйт. Сыр каптагычтардын жешилүүгө туруктуулугу химиялык курамынан көз каранды.

Жарым өткөргүчтүү сыр композициялык материалы электр өткөрүүнүн электрондук мүнөзү менен жана 20 - 40% электр өткөрүүчү кристаллдык компоненттерден жана 60 - 80% айнек жасоочу оксиддерден турат. Электр өткөрүүчү компонент катары $Fe_2O_3$, $TiO_2$, $Cr_2O_3$, ZnO, $SnO_2$, $Sb_2O_3$ ж.б. оксиддер жана алардын катуу эритмелерин же химиялык бирикмелерин, айнек жасоочу компонент катары $SiO_2$, $A1_2O_3$, CaO, MgO, BaO оксиддерин ж.б. колдонушат.

Жарым өткөргүчтүү сырды ар кандай ыкмалар менен даярдашат. Электр өткөрүүчү жана айнек жасоочу оксиддерди майдалап, суу ыкмасы менен аралаштырылат. Керектүү консистенциядагы алынган шликер сырдоо технологиясына жараша изоляторду капташат.

Изоляторлор үчүн колдонулуучу жарым өткөргүчтүү сыр электр техникалык өндүрүштө төмөндөгүдөй химиялык курамга ээ, %: $F_2O_3$ — 7,9; $A1_2O_3$ — 13,4; $SiO_2$ — 52,5; $TiO_2$ — 20,2; CaO — 1,07; MgO — 1,2; $R_2O$ — 2,4; ысытканда

жоготуулар — 2,18. Мындай аралашмадан шар тегирмендеринде суу кошуу ыкмасы менен сыр массасы даярдалат, андан кийин изоляторлор капталат. Изоляторлорду туннел мештеринде 1320—1420°С күйгүзүлөт. Беттик каршы туруктуулугу 10 - 80 МОм, сырдалган стандарттык үлгүлөрдүн статикалык ийүүдө механикалык бекемдиги 15 - 20%га жогорулайт.

## 1.4. Керамика электр изоляторлорун жергиликтүү чийки заттардан алуунун проблемалары

Кыргызстандын өнөр-жайы техникалык керамика буюмдарынын кеңири ассортиментине (ар кандай изоляторлор, электр жылыткычтардын керамикалык деталдары ж.о.с.) жана алюмосиликаттык отко туруктуу материалдарга муктаж. Учурда мындай буюмдар бир нече кичи ишканалар ("Кыргызфарфор", "Керамика", "Эркинай” ж.б.) тарабынан өндүрүлүүдө. Керамика өндүрүшүнүн өнүгүшү жана буюмдардын сапатын жогорулатуу чийки зат базасынын абалын баалоону жана керамикалык массанын жергиликтүү компоненттеринин минералдык курамынын өзгөчөлүктөрүнө жараша технологияны адаптациялоону талап кылат.

Кыргызстандын керамика өнөр-жайынын өнүгүшү үчүн туруктуу минералдык база, керамикалык массалардын аныкталган рецептуралары, керамиканы алууда чийки заттардын өзгөчөлүктөрүнө жана болгон жабдыктарга жараша адаптацияланган технологиясы керек.

Учурда керамика өнөр-жайынын чийки зат базасынын абалы өтө оор. Керамикалык чийки заттардын негизгиси болгон Кара-Кече чопосунун сапаты жылдан жылга төмөндөөдө, анын сапаттуу пласттары көмүр пласттарын ачууда жараксыз катмар катары оодарылып ташталууда. Кара-Кече чопосунун ордуна колдонуу үчүн башка кен жатактарынын (Көк-Мойнок, Сөгөттү) чополору толук изилдөөнү талап кылат.

Керамиканын негизги компоненттеринин экинчиси болгон талаа шпаттык породалар Кыргызстанда кездешет, бирок аларды колдонуу үчүн керексиз кошундулардан арылтуу максатында байытуу керек. Ошондуктан, керамика өндүрүшүндө импорттолгон чийки заттар колдонулууда.

Чийки зат маселесин чечүүдө, Кара-Кече чопосун жеткиликтүү башка чополор жана жергиликтүү чийки зат менен чогуу өндүрүш таштандыларын импорттолгон талаа шпаттарын алмаштыруу сунушталган. Буга чейин жергиликтүү чийки заттардан бир катар керамикалык буюмдар алынган. Алардын бекемдик мүнөздөмөлөрү стандарттын талаптарына жооп берет. Жеткиликтүү жана арзан компоненттерден бекемдик мүнөздөмөлөрү андан да жакшыртылган керамикалык буюмдарды алуу изилденип келет.

Көп жылдардан бери Жекишева С.Ж., Караханиди С.Г., Абдыкалыков А.А., Ассакунова Б.Т., Мавлянов А.С., Каныгина О.Н., Боркоев Б.М., Жердев А.М. ж.б. сыяктуу өлкөбүздүн бир катар илимпоздору Кыргызстандын жергиликтүү чийки заттарынан керамикалык материалдардын ар кандай түрлөрүн алууну ишке ашырып келишет.

Курулуш материалдарынын өндүрүшү чоң мааниге ээ. Курулуш иштеринин масштабдары, техникалык деңгээл жана үйлөрдүн, имараттардын курулушу анын өнүгүшүнөн көз каранды. Ар кандай курулуш материалдардын ичинен цемент өзгөчө мааниге ээ. Кыргызстандагы тоо тектерден цементти өндүрүү мүмкүн. Сырттан алып келинген чийки заттарга салыштырмалуу, жергиликтүү чийки заттардан алынган цементтин баасы гана төмөн болбостон, жергиликтүү активдүү кошулмалар анын бекемдик касиеттерин дагы жогорулатат [33].

Жергиликтүү чийки заттардан алынган аралашмалардын физикалык жана химиялык негиздерин жана алуу технологиясын өздөштүрүү менен композициялык курулуш материалдардын келечектеги кеңири колдонулушу шартталат [34].

Аз энергияны талап кылган технология менен жергиликтүү чийки заттардан импорттолгон материалдарды алмаштыруучу жана атаандаштыкка ээ болгон курулуш материалдарын өндүрүү Кыргызстандын курулушун өнүктүрүүнүн шарттарынын бири болуп эсептелинет. Кыргызстанда таштуу тектердин (гранит, мрамор) негизиндеги каптоочу материалдар жана керамикалык плиткалар кеңири таралган. Жергиликтүү чийки заттардан (гипс) алынган коздоочу (декоративдик) каптоочу материалды алуу атаандаштыкка ээ болгон курулуш материалдарын өндүрүүнүн багыттарынын бири болуп саналат [35].

Кыргызстандагы суглиноктордон жогорку өлчөмдөгү керамика материалдарын өндүрүү мүмкүн [36].

Макмал волластонити жана Тосор чопосу сыяктуу жергиликтүү чийки заттардан күйгүзүлбөгөн черепица алынган [37].

Жогоруда мисал катары келтирилген изилдөөлөр жергиликтүү чийки заттардан керамикалык курулуш материалдарын алууга арналган. Ал эми керамика электр изоляторлорун алуу маселесинин үстүндө Жердев А.М. жана Боркоев Б.М. агайларыбыз бир катар  жылдардан бери изилдөөлөрдү жүргүзүп келүүдө.

Керамика электр изоляторлорунун курамын, технологиясын өздөштүрүү боюнча дүйнөлүк масштабда Кингери У.Д., Коубд Р., Синг В., Балкевич В.Л., Павлушкин Н.М., Новиков М.Н., Никулин Н.В., Кортнев В.В. Масленникова Г.Н. ж.б. көптөгөн иштерди жасашкан. Ал эми дүйнөдө керамикалык материалдардын өндүрүшү боюнча Америка менен Япония алдыңкы оорунда турса, алардын ичинен Япониядагы “NGK Insulators” компаниясы керамика изоляторлорун жасоо боюнча жүз жылдан бери иштеп келе жаткан дүйнөдөгү ири компания болуп эсептелинет.

Кыргызстанда жергиликтүү чийки заттардан алынган керамиканын электрдик мүнөздөмөлөрү канааттандыраарлык болгондуктан, кеңири изилдөөнү талап кылат.

Кыргызстандын энергетика жана башка өнөр жайынын өнүгүшү үчүн сапаты жана колдонмо көрсөткүчтөрү жагынан сырттан келген продукциялардан кем эмес ток өткөрбөөчү жана техникалык керамикалык буюмдардын өндүрүшүн түзүү актуалдуу болуп саналат. Кыргызстандын техникалык керамиканын өндүрүшүн уюштуруу жергиликтүү чийки заттарды колдонгондо гана рентабелдүү болот, себеби алар Россия жана башка мамлекеттерден казылып алынган чийки заттардан дээрлик айырмаланышат. Сапаттуу буюмдарды чыгарууда жергиликтүү чийки заттардын өзгөчөлүгүн, алардын негизинде жаңы зат курамдарын жана өндүрүштүн технологиясын иштеп чыгууда илимий изилдөө иштери зарыл.

Бул максатта өлкөбүздүн кээ бир илимпоздору Боркоев Б.М. жана Жердев А.М. тарабынан бир катар жылдардан бери чийки заттарды талдоо жана алардын негизинде керамикалык заттардын курамын иштеп чыгуу иштери жүргүзүлүп жатат. Жергиликтүү чийки заттарда кездешкен кошумча заттардан зыяндуулугун азайтуу үчүн модифициялоочу кошумча заттар тандалды, байытуунун жөнөкөй методу жасалды. Жергиликтүү чийки заттардан жана өндүрүштүн таштандыларынан традициялык фарфордон, керамикалык жана айнек керамикалык заттардан айырмалануучу бир катар жаңы материалдар синтезделди. Жүргүзүлгөн изилдөөлөрдүн негизинде лабороториялык шартта физикалык-механикалык жана колдонмо сапаттары боюнча тиешелүү стандартка жооп берүүчү бир катар төмөнкү вольттуу керамика электр изолияторлор алынды. Керамикалардын кээ бир түрлөрү өндүрүштүк сыноодон өттү. Бышыктыгы боюнча иштелип чыккан керамика 112 тобундагы «Жогорку бышыктыктагы силикаттык фарфор» (ГОСТ. 20410-83) материалга дал келет [23].

Бирок бул жана башка, жергиликтүү чийки заттардын негизинде алынган керамикалык буюмдарды реалдуу өндүрүшкө киргизүү, кенен номенклатурадагы техникалык керамика жана электркерамикалык буюмдарды жасоо үчүн илимий жана технологиялык планда бир катар проблемаларды чечүүнү талап кылат.

1. Казылып алынган чийки заттардын ар түрдүү касиеттерин эске алып керамикалык массалардын курамдарын оптималдаштыруу. Анткени Кара-Кечедеги көмүр казып алууну иштетүү менен чопонун курамындагы алюминийдин оксиди 26% (1993-ж.)дан 20% (2005-ж.) га чейин түштү. Өндүрүштө керектелүүчү массага жакшы куюуучулук жана калыпка келүү мүнөздүү болгондуктан, өндүрүп чыккан продукциянын жогорку сапатын камсыз кылуу зарыл. Чийки заттарды, аны даярдоонун жана байытуунун методдорун талдоо массалардын курамдарын корекциялоо.

2. Керамикалык массанын курамындагы негизинен сырттан келүүчү чийки заттардын 22-25% түзгөн талаа шпатынын үлүшүн төмөндөтүү. Алдын ала эксперименттин жыйынтыгы боюнча буларды техногендик чийки заттар, айнек өндүрүшүндөгү таштандылар, менен аламаштырууга болот.

3. Жергиликтүү минералдык жана техногендик чийки заттардын базасында жаңы типтеги керамикалык жана айнек керамикалык материалдардын курамын жана технологиясын иштеп чыгуу.

Керамика электр изоляторлорун, деги эле башка керамикалык буюмдарды алуу үчүн жогорудагы проблемаларды чечүү зарыл.

### 1.4.1. Жергиликтүү чийки заттардын өзгөчөлүктөрү

Кыргызстанда перспективдүү, керамикалык чийки заттар болуп - пегматиттер (Токтогул, Талас райондору), Кара-Кече, Көк-Мойнок топурактары (Жумгал району), Сөгөттү 1.2, Чоку-Булак каолиндери (Тоң району), Ак-Өлөң, Орто-Токой сиениттери, Сандык нефелин-сиенити (Кочкор району), Кара-Корум волластонити (Чаткал району), кварц кумдары (Лейлек району) фарфор таштары (Аксы району) ж.б. саналат. Булар Кыргызстандын жер алдында пайдалуу казылып алынуучу ар түрдүү металл эмес заттарына кирет [23].

Электркерамиканы өндүрүүдө эки чоң проблема бар. Биринчиси - республикада керамика өндүрүшүндө чет өлкөдөн алып келинген чийки заттар колдонулганы менен өндүрүш рентабелдүү болбой келет. Экинчиси - жергиликтүү чийки заттар, чет өлкөлүк чийки заттардан сапаты боюнча начар, б.а. химиялык, минералогиялык курамы боюнча бир топ айырмаланат. Кыргызстандын жана башка өлкөлөрдүн чополорунун химиялык курамы 1.4-таблицада берилген. Демек сапаттуу керамиканы өндүрүүдө алардын табиятын жана алуу технологиясын изилдөө зарыл.

Кыргызстанда керамика электр изоляторлорун алууда колдонулуучу топурактардын негизгилери болуп Сөгөттү, Чоку-Булак, Дөңгүрмө, Кара-Кече топурак кендери эсептелинет. Керамикалык материалдарды күйгүзгөндө кошулуучу, балкып эрүүсүн төмөндөтүүчү материалдар: Ак-Өлөң сиенити, Боом альбити, Сандык нефелин-сиенити.

Топурактардын ийленүүчү касиетин (пластикалык) азайтуучу материалдарга Көк-Мойнок, Кажы-Сай кварц каолин кумдары, Миң-Куш, Дөнгүрмө, Ак-Көл глиеждери (күйгөн породалар), Каракорум волластонити, Ак-Түз талькы кирет.

**1.4-таблица**. Кыргызстандын жана башка өлкөлөрдүн чополорунун химиялык курамы

| **Чополор** | **$SiO_2$** | **$TiO_2$** | **$Al_2O_3$** | **$Fe_2O_3$** | **CaO** | **MgO** | **$K_2O$** | **$Na_2O$** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ново-Рай чопосу | 50 | 0,9 | 33 | 0,8 | 1 | - | $K_2O$+ $Na_2O$=2,7 | |
| Просянов каолини Украина | 47.0 | 0.50 | 37.5 | 0.4 | 0.5 | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| Часов-Яр чопосу Казакстан | 54.3 | 0.91 | 37.5 | 0.4 | 0.5 | 2.7 | 0.8 | - |
| Ангрен чопосу Өзбекстан | 62.0 | 25.0 | - | 2.0 | - | - | 2.3 | - |
| Кара-Кече чопосу Кыргызстан | 62,03 | 0,61 | 26,08 | 3.8/0,78 | 0,29 | 1,03 | 1,77 | 0,43 |
| Чоку-Булак каолини Кыргызстан | 47.7 | 0.46 | 35.7 | 1.2 | 0.6 | 0.4 | 0.8 | 0.6 |
| Дөңгүрмө (ак) чопосу | 52,7 | 0,31 | 29,55 | 1,45 | 0,8 | 0,7 | - | - |
| Дөңгүрмө (кызыл) чопосу | 65,91 | - | 27,43 | 0,85 | - | - | - | - |
| Ноокат чопосу Кыргызстан | 57.8 | 0.96 | 18.9 | 7.8 | 4.1 | 0.5 | - | 1 |
| Ивановка чопосу | 51.9 | 1 | 19.7 | 8.4 | 5.5 | 1.9 | 3.9 | 1.2 |

Чийки заттардын ичинен маанилүүсү болуп керамикалык чийки заттарды алмаштыруучу фарфордук таштар эсептелинет. Үчкурт фарфор таш кени (Аксы району) өнөр жайлык өздөштүрүүгө даярдалган, анын запасы 9678,8 миң тоннага жетет.

Белгилүү болгондой [4,5], фарфор массасы негизги үч чийки компоненттен турат - чополуу (ак (күйүүчү) чопо жана каолиндер), массанын пластиктүүлүгүн төмөндөтүүчү (кварц, фарфор сыныктары) жана күйгүзүү температурасын төмөндөтүүчү (калий талаа шпаттары ж.б.) компоненттер.

Учурда чектелген санда өндүрүлүп жаткан керамика электр изоляторлору үчүн Кара-Кече чопосу колдонулуп келет. Бирок бул чопонун сапаты көмүр пластынын казуу шарттарына жараша өзгөрүп турат. 1997-98 жылдары Көкурт-Сай карьеринен алынган чопонун курамында көп сандаган көмүр жана күкүрт болгон. Ал эми андан жасалган керамиканын бекемдиги 10 МПа жакын (бул көрсөткүч кирпичтин бекемдигинен жогору эмес). 1999-жылдын экинчи жарымында сапаттуу чопонун пласты ачылган. Туруктуу өндүрүш үчүн чийки заттардын альтернативдүү булактары зарыл.

Алюмосиликаттык керамиканын негизги компоненттери болгон отко туруктуу жана кыйындык менен эрүүчү чополор Тоң жана Жумгал райондорундагы көмүр кен жатактарында кездешет. Жумгалдагы көмүр бир нече жерден ачык ыкма менен казылып алынат. Бул чакан карьерден чопо жылына 100 - 150 тонна гана алынат жана чакан ишканалар үчүн гана ылайыктуу болуп саналат.

Кыргызстандагы чопо кендери Кара-Кече, Көк-Мойнок жана Сөгөттүдө табылган. Кара-Кече чопосу төмөнкү вольттуу керамика буюмдарын өндүрүүдө колдонулат.

Каолиндер Көк-Мойнок кен жатагынан Чымынды дарыясынын эки жагынан чыгат жана көмүр карьеринен дагы алынат. Алынган чопо минералдык курамы жана технологиялык касиеттери боюнча эски Кара-Кече карьеринин чопосуна окшош.

Тоң районунун бир катар жерлеринде (Сөгөттү-1,2; Чоку-Булак) жер үстүнө чыгып калган ак каолиндүү чопо (калыңдыгы жана аянты өтө чоң эмес) табылган, бирок өндүрүш үчүн Чоку-Булак каолини колдонулуп келет. Бос каолиндүү

чополордун пласттары 3 метрден 15 метрге чейин болот. Керамика үчүн керектүү чопонун үлгүлөрү "Центральная" (ш.т.а. Каджи-Сай) шахтасынын чыгыш тарабынан алынып бааланган. Бул пласт ачык ыкма менен алууга ыңгайлуу, бирок эски жолду түзөп-тазалоону талап кылат.

Массанын пластиктүүлүгүн төмөндөтүүчү материалдар кеңири кездешкен [23, 24]. Акыркы учурларда Жаңы-Жол фарфор ташы пластиктүүлүктү жана күйгүзүү температурасын төмөндөтүүчү чийки зат катары колдонулууда [7, 23, 27].

Көк-Мойнок (Дөңгүрмө айылы), Каджи-Сай ж.б. кварц-каолин кумдарынын мааниси зор. Бирок механикалык мүнөздөмөлөрү жогору болгон керамика үчүн жергиликтүү кумдардагы алюминий оксидинин төмөндүгү (25%га жакын) менен анын ордуна алюмосиликаттык компоненттерди (шамот, фарфор сымал күйгөн породалар, кианит ж.б.) колдонууга туура келүүдө.

Глиеждер (күйгөн породалар) Миң-Куш жана Көк-Мойнок көмүр кен жатактарында кездешет жана алар эки түрдө болушат. Көмүр пластарында кварц-каолин кумдарынын күйүүсүнүн натыйжасында күрөң өңдөгү глиеждер жана каолин чополорунун күйүүсүндө пайда болгон фарфор сымал глиеждер. Ультрафарфор жана уралиттин өндүрүшүндө керектелген жогорку глиноземдуу (андалузит ж.б.) чийки заттардын кен жатактары өтө алыс жерде жайгашкан. Таластын сланец породаларындагы кианиттин бөлүкчөлөрүнүн курамында темир көп санда кездешет жана оңой эрийт. Ошондуктан мындай чийки заттар керамика өндүрүшү үчүн керексиз деп табылган.

Кварц кумунун ордуна кыйындык менен эриген чопонун шамотун же фарфор сымал глиежди (Дөңгүрмө, Ак-Күл, Миңкуш) кошкондо фарфордун ийүүдөгү бекемдиги 70 тен 90 МПа га (жогорку вольттуу фарфордун бекемдик деңгээли) чейин жогорулайт. Мындай массаны даярдоо кымбатка турат, анткени шамотту күйгүзүү же глиежди кол менен тандоо кошумча чыгымдарды талап кылат.

Массанын күйгүзүү температурасын төмөндөтүүчү чийки заттарды табуу татаал. [26]га ылайык, Кыргызстандын түндүк регионунда талаа шпаттарынын бир катар кен жатактары жайгашкан жана алардын кээ бирлеринин минералдык курамдары изилденип, (Ак-Өлөң) сиенити, (Ак- Өлөң жана Боом) альбити (Сандык) нефелин-сиенити, (Талас) пегматит жана ортоклаз, (Ак-Суу) риолити

жана башкалар күйгүзүү температурасын төмөндөтүүчү чийки зат катары колдонулган. Таза талаа шпатынан жана Таластын пегматитинен алынган керамика жогорку сапатка ээ болот, бирок чийки заттын өндүрүшкө казылып алынышы жана жеткирилиши азыркы учурда тоскоолдуктарга ээ.

Фарфордун тыгыз бышуусуна талап кылынган калий оксидинин концентрациясы Ак- Өлөң (Балыкчы р-ну) сиенитинде, Сандык (Кочкор р-ну) нефелин-сиенитинде кездешет. Бирок мындай чийки заттардагы керамикага керексиз компоненттерден (титаномагнетит жана биотит) арылтуу үчүн породалар алдын ала байытылат. Буга чейинки жасалган айрым иштердин негизинде, мындай чийки заттардын майдалоо ар бир стадиясында үч жолку электр магниттик сепарациянын натыйжасында (таштандылар 30-50% түзөт) төмөнкү вольттуу керамикага керектүү сапаттуу чийки зат алынган.

Керамика үчүн таза талаа шпаттык чийки заттын жетишсиздигинен кээ бир учурда базальт жана башка оңой эрүүчү породалар, андан тышкары өндүрүш таштандылары (айнек, шлактар) колдонулуп келет.

Фарфордун структурасына жана касиеттерине волластониттин тийгизген таасири боюнча [23, 28, 29] изилдөөлөр жасалган. Фарфор массасына 15% га чейин волластонитти кошуу фарфордун электр изоляциялоочу мүнөздөмөлөрүн жакшыртат. Мындай максаттар үчүн Кара-Корум-1 кен жатагындагы волластонитти колдонууга болот, ал эми Кара-Корум-2, Макмал кен жатактарынан алынган волластонит байытылууга тийиш.

Кварц-каолин кумдары, кыйындык менен эрүүчү чопо жана фарфор сымал глиеждер жарым кычкыл жана отко туруктуу шамоттуу буюмдарды (башка керамикалык буюмдарды күйгүзүүдө колдонулуучу капселдерди) жасоодо колдонулган [23].

Импорттолгон керамикага салыштырмалуу жергиликтүү компоненттерден алынган фарфордун электр изоляциялык касиеттери төмөн [23]. Аны эксплуатация процессинде 300°С ашпаган температурада ысытылган буюмдар үчүн гана колдонууга болот. Андан жогорку температурада токтун сыртка чыгуусу буюмдун локалдык жактан ысышына жана эрүүсүнө алып келип, ток менен тартылуу коркунучун туудуруу менен анын бузулушуна себеп болот.

Мындай фарфорго волластонитти кошуу менен температуранын иштөө интервалын 400$^{o}$C [24] жогорулатуу мүмкүн. Температуранын кескин өзгөрүү шарттарында (20-700$^{o}$C) термотуруктуу керамиканы колдонууга болот [16, 23]. Анын бекемдик мүнөздөмөлөрү фарфордукунан артта калбайт. 1000$^{o}$C чейин өтө ысыган металлдык жылыткыч менен бириктирилип жасалуучу керамикалык буюмдар үчүн (ачык спиралдуу электр плиткалары) жарым кычкыл же шамоттуу отко туруктуу массаларды колдонуу абзел [23].

Электр мештери үчүн жасалган фарфор түтүктөрүнүн температурага туруктуулугу төмөн болгондуктан тез жарылууга алып келет. Мындай түтүктөрдү туруктуу кылып жасоодо аны коргоочу металл менен каптоо зарыл. (россиядан жасалган электр мештеринде бул үчүн термотуруктуу кварц же муллит түтүктөрүн колдонушат).

Жогоруда белгиленип кеткендей, электрфарфор жана керамиканын айрым түрлөрүнүн өндүрүшүндө сапаты жагынан бири-бирине окшош, кыйындык менен эрүүчү үч жердин Кара-Кече, Дөңгүрмө жана Кажы-Сай чопосу колдонулат.

Массанын пластиктүүлүгүн төмөндөтүүчү компонент катары Дөңгүрмөнүн жумшак кварц-каолин кумдары колдонулууда. Тоң районунда да кумдар кездешет, бирок алар тыгыз болгондуктан, майдалоо үчүн кошумча чыгымдарды талап кылат.

Кичи ишканалар таза талаа шпатын импорттолгон Токмок айнек заводунан алууга болот. Электрмагниттик жактан байытууга ылайыкталган жабдыктар болсо Ак-Өлөң сиенитин да колдонуу мүмкүн. Бул карьерде сынык материалдар көп. Алардын ичинен ири анортоклаз кристаллдуу бос өңдөгү породанын сыныктарын терип алуу керек. Ак жана кызгылтым өңдөгү породанын сыныктарынын курамында натрий оксидүү талаа шпат (альбит) кездешкендиктен, фарфор үчүн жагымсыз компонент болуп саналат.

### 1.4.2. Технологиянын айырмычылыктары

Электрфарфор өндүрүш технологиясына ылайык [25, 31], жогорку сапаттагы чийки заттар, бир канча кен жатактарынын каолин жана чопонун байытылган аралашмалары талап кылынат. Кыргызстанда табылган керамикага керектүү

чийки заттардын сапаты Украина же Россиянын чийки заттарынан төмөн. Буга чейинки изилдөөлөрдө жергиликтүү чийки заттардан керамика электр изоляторлорунун ар кандай массалары алынган. Стандарттын талабына жооп берген буюмдарды жасоо үчүн жергиликтүү чийки заттарды тандоо гана эмес, керамиканын алуу технологиясына дагы кээ бир тууралоолорду киргизүү зарыл.

1. Таштуу жана чополуу чийки заттарды чогуу аралаштырып майдалоонун ордуна байытуу керек. Анткени, жергиликтүү, кыйындык менен эрүүчү чопонун курамында ар кандай өлчөмдөгү кошундулар - гипс, пирит, серицит, көмүр, сульфаттар бар. Чогуу аралаштырып майдалоодо кошундулар массада калып калат. Ошондуктан, кийинки жасалуучу керамиканын сапатын жакшыртуу үчүн чийки заттарды байытуу зарыл. Байытуунун натыйжасында чийки зат гипс, көмүр жана пириттин сууда эрүүчү туздарынын 80% арылтылат.

2. Буюмдун күйгүзүү процессинде, калган көмүртекти күйгүзүп жиберүү үчүн 800-900$^{o}$C интервалында изотермиялык кармоо сунушталат. Изотермиялык кармоонун узактыгы буюмдун өлчөмүнө, мештин вентиляция шарттарына жараша эксперименталдык жактан тандалат. Күйгүзүү температурасынын интервалында пириттин ажыроо процесси жүрөт. Ошондуктан, жылытуунун акыркы стадиясында температураны жогорулатуунун ылдамдыгын төмөндөтүү менен бышырылып жаткан буюмдун шишип чыгышына тоскоолдук келтирилет.

3. Породанын сыныктарын майдалоону жеңилдетүү үчүн сиениттерди, пегматиттерди жана волластониттерди алдын-ала 800-900$^{o}$C чейин ысытып, тез муздатуу керек.

Жергиликтүү компоненттерден алынган керамикалык жана айнек керамикалык материалдар жакшы физикалык-механикалык мүнөздөмөлөргө ээ. Бирок, атаандаштыкка ээ болгон жергиликтүү керамика буюмдарын өндүрүү үчүн мындай касиеттерин андан ары жакшыртуу актуалдуу болуп келет. Белгилүү болгондой эле, силикаттык керамиканын бекемдик жана электрдик касиеттери компоненттердин касиетине жана анын структурасы – кристаллдык жана аморфтук фазаларына, көзөнөктүүлүккө көз каранды.

# II. МАТЕРИАЛДАР ЖАНА ЫКМАЛАР

## 2.1. Материалдар

Жергиликтүү чийки заттардан электрфарфор массасын даярдоо үчүн төмөнкү чийки заттар колдонулду:

Кара-Рече чопосу

Ново-Райская чопосу

Чоко-Булак каолини

Украина каолини

Пегматит

Айнек сыныктары (терезе айнеги)

### 2.1.1. Үлгүлөрдү даярдоо ыкмасы

Чополуу чийки зат сууга салынып, көзөнөктөрүнүн өлчөмү 0,125мм болгон элек менен суудан ажыратылды. Бир аз тургузгандан кийин калган сууну төгүп, суспензиянын нымдуулугу аныкталып, андан кийин керамикалык массаны даярлоо үчүн колдонулду. Таштуу материалдар беттүү жана конустуу инерциялык майдалагычтардан өткөрүлүп, лабораториялык фарфор шар тегирменинде электе массасы боюнча 1%дан ашпаган 0,063мм калганга чейин майдаланылды. Тегирменден чыккан суспензия кургатылды. Майдаланган жана кургатылган таштуу компоненттердин өлчөнгөн көлөмдөрү чополуу суспензияга кошулуп, шар тегирменинде 1 саат бою аралаштырылды. Алынган керамикалык масса калыпка салынуучу нымдуулукка чейин кургатылып, абдан жакшы аралаштырылды да калыпка салынды. Калыпка салынгандан кийин кургатылып, күйгүзүлдү.

Ийүүдөгү жана электрдик бекемдигин аныктоо үчүн үлгүлөрдү 18-22% нымдуулуктуу массаларынан экструзия методу менен даярдалды.

### **2.2. Изилдөө методдору** [20-22]

Физикалык-механикалык мүнөздөмөр (суу сиңиримдүүлүк, ачык боштуктуулук, ийүү, кысууга каршы бекемдиги жана электрдик бекемдиги) стандарттуу методикалар менен аныкталат.

#### **2.2.1. Электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгүн аныктоо ыкмасы**

Электрфарфор массалардын тажрыйбалык үлгүлөрү кургаткыч шкафта туруктуу массага келгенче (115±5) °С температурада кургатылат. Андан кийин бөлмө температурасына чейин эксикатордо муздатылып, таразага тартылат.

Массасы өлчөнгөн үлгүлөр дистирленген суу куюлган идишке салынат. Үлгүлөр идиштин түбүнөн 1 см бийиктикте кармалуу үчүн тешик тосмолорго коюлат. Идиштеги суунун көлөмү эң акыркы салынган үлгүнүн үстүн жаап турушу керек. Идиштеги суу үлгүлөр менен чогуу 30 мин. кем эмес убакыт кайнатылат. Андан кийин идишти оттон алынып, бөлмө температурасына чейин муздатылат.

Идиштен үлгүлөр бир-бирден алынып, нымдуу жана катуу сыгылган кездеме менен сүртүлөт. Андан кийин үлгүлөр таразага тартылат.

Үлгүлөр кайнатылганга чейин жана андан кийин бир таразада бирдей тараза таштары менен тартылышы керек.

Үлгүнүн суу сиңиримдүүлүгү β (%) төмөнкү формула боюнча эсептелет:

$$\beta = (m_2 / m_1 - 1) * 100$$

бул жерде

$m_2$ – сууда кайнатылгандан кийинки үлгүнүн массасы

$m_1$ – кайнатылганга чейинки үлгүнүн баштапкы массасы

#### **2.2.2. Электрфарфор массаларынын ийүүдөгү бекемдигин аныктоо ыкмасы**

Электрфарфор массалардын ийүүдөгү бекемдиги ар кандай ыкма менен калыпка салынган үлгүлөрдүн өлчөмдөрү ар кандай болуп коюлган талапка жооп бериши керек.

Ийүүдөгү бекемдик МР-0, 5-1 (разрывной) үзүү машинасында өлчөнөт. Аныктоо бөлмө температурасында (25±10) °С жүргүзүлөт. Биринчиден үлгүлөрдүн формасына жараша узуну, туурасы жана радиустары өлчөнөт. Үлгүнү радиусу 2-5 мм болгон болоттон жасалган таянычтарга коюлат. Таянычтардын аралыгы 25-100мм болот. Радиусу 5 мм болгон борбордук призма аркылуу таянычтардын ортосуна күч берилет. Күчтүн жогорулоо ылдамдыгы 10—50 Н/с түзүшү зарыл. Ал эми күчтүн үлгүгө берилген убакыттан баштап үлгүнүн бузулушуна чейинки убакыт 20—40 с аралыгында болот.

Ар бир үлгүнүн ийүүдөгү бекемдиги ($\sigma_и$) МПа, ар кандай вариантта жасалган үлгүлөр үчүн ар башка формула менен аныкталат:

$$\sigma_и = \frac{8Fl}{\pi d^3}; \qquad \sigma_и = \frac{1}{k}\cdot\frac{8Fl}{\pi h^3}; \qquad \sigma_и = \frac{1,5Fl}{bh^2},$$

Бул жерде

$F$ — бузуучу күч, Н;

$k$ —тууралоочу коэффициент

**2.2.3. Электрфарфор массаларынын электрдик бекемдигин аныктоо ыкмасы**

Электрфарфор массаларынын электрдик бекемдиги 15 - 35 °С температурадагы электр изоляциялоочу суюктукта аныкталат. Электроддордун тегерегинде аба болбошу керек. Аныктоо үчүн үлгүлөр жарым сфералуу жогорку электроду менен болгон диск түрүндө болушу зарыл.

Үлгүнүн өзгөрүлмө чыңалуудагы электрдик бекемдигин аныктоо үчүн ГОСТ 6433.3—71де берилген жабдыктар колдонулат.

Электрод материалы катары коллоиддик графит, күйгүзүү методу менен алынган күмүш каптагычтары, же вакуумда металлды чачыратуу менен алынган күмүш, жез, алюминий колдонулат.

Үлгүлөрдүн өлчөмдөрү 1-таблицага жараша тандалат.

**2.1–Таблица.** Электрдик бекемдиги аныкталуучу үлгүлөрдүн талаптуу өлчөмдөрү

| $d_0$ | | $d_1$ | | $B$ | | $r$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Номин. | Чектүү көрс. | Номин. | Чектүү көрс. | Номин. | Чектүү көрс. | Номин. | Чектүү көрс. |
| 25 | ±1 | 20 | ±1 | 4 | ±1 | 5,0 | ±0,5 |
| 80 | | 50 | | 9 | | 10,0 | |

Үлгү менен электрод ортосундагы контакт бекем болушу зарыл. Электроддордун материалдары үлгүнүн касиеттерин өзгөртпөшү керек. Жардамчы электроддор катары латундан же дат баспаган болоттон жасалган электроддор колдонулат.

Тешип өтүүчү чыңалуулукка барабар болгон чыңалуу тез жогорулатылат. Чыңалуу жогорулагандан кийинки 10—20 с ичинде тешип өтүүчү чыңалуудан соң үлгүнүн электрдик бекемдиги аныкталат.

Абадагы беттик разрядды арылтуу үчүн электрдик бекемдикти электр изоляциялоочу суюктук же трансформатор майында жүргүзүү керек. Электр изоляциялоочу суюктуктун салыштырмалуу каршылыгы $10^8$ Ом·м ден кем эмес, трансформатор майынын электрдик бекемдиги 35 кВту түзөт.

Электрдик бекемдик ($E_{\text{пр}}$), кВ*мм$^{-1}$ төмөнкү формула боюнча аныкталат:

$$E_{\text{пр}} = kU_{\text{р}},$$

Бул жерде

$U_{\text{р}}$ — үлгүнүн тешип өтүүчү чыңалуулугунун мааниси, кВ;

$k$ — тууралоочу коэффициент, мм$^{-1}$.

Тууралоочу коэффициент $k$ ар кандай калыңдыктагы үлгүлөр үчүн ар башка мааниге ээ.

Аныктоонун жыйынтыгы катары алтыдан кем эмес жүргүзүлгөн аныктоолордун орточо мааниси алынат.

# III. ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ЭЛЕКТРФАРФОРДУН НЕГИЗГИ ЭЛЕКТРФИЗИКАЛЫК ЖАНА МЕХАНИКАЛЫК КАСИЕТТЕРИ

## 3.1. Электрфарфордун суу сиңиримдүүлүгүн жана ийүүдөгү бекемдигин аныктоо

Электрфарфордун суу сиңиримдүүлүгүн жана ийүүдөгү бекемдигин аныктоо үчүн 2-бөлүмдөгү ыкма боюнча үлгүлөр алынды.

Кара-Кече чопосу жетишерлик пластиктүү болбогондуктан, андан жасалган үлгүлөрдүн калыпка келиши төмөндөйт [23]. Ошондуктан калыпка салынышын жана бекемдигин жакшыртуу үчүн импорттолгон, жогорку пластиктүү ново-рай чопосу кошулду. Жогорку вольттуу изоляторлорду жасоо максатында жогорку сапаттагы, кыйындык менен эрүүчү, импорттолгон чопонун негизинде фарфор массасы алынды. Мындай массадагы үлгүлөр 1300-1380$^0$С күйгүзүлөт [24], бирок биздеги мештин максималдуу иштөө температурасы 1200-1250$^0$С гана түзөт. Ошондуктан, күйгүзүү температурасын төмөндөтүү үчүн терезе айнегинин сыныктары кошулуп, күйгүзүү температурасы 1160$^0$Сга чейин төмөндөтүлдү. Алынган фарфор массаларынын минералдык курамдары 3.1-таблицада берилген.

**3.1-таблица**. Эксперименталдык электркерамика (электрфарфор) массаларынын курамдары, %

| **Массадагы компоненттер** | **М1** | **М2** | **М3** |
|---|---|---|---|
| Кара-Кече чопосу | 60 | 35 | |
| Ново-Райская чопосу | 5 | | 25 |
| Чоко- Булак каолини | | 30 | |
| Украина каолини | | | 30 |
| Пегматит | 35 | 35 | 35 |
| Айнек сыныктары (терезе айнеги) | | | 10 |

Жогоруда алынган электрфарфордун суу сиңиримдүүлүгү жана ийүүдөгү бекемдиги 2-бөлүмдө жазылган ыкма менен аныкталды. 3.2-таблицада электрфарфор массаларынын салыштырмалуу мүнөздөмөлөрү берилген.

**3.2-таблица**. Ар кандай температурада күйгүзүлгөн электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгү жана ийүүдөгү бекемдиги.

| **Масса** | **Күйгүзүү температурасы, $^0$С** | **Суу сиңиримдүүлүгү, %** | **Ийүүдөгү бекемдиги, МПа** |
|---|---|---|---|
| М1 | 1120 | 2,86 | 61 |
| | 1130 | 0,306 | 74 |
| | 1150 | 0 | 78 |
| М2 | 1130 | 3,9 | 62 |
| | 1130 | 3,9 | 62 |
| | 1150 | 0,05 | 80 |
| М3 | 1120 | 5 | 57 |
| | 1130 | 4,47 | 59 |
| | 1150 | 0,1 | 81 |

Күйгүзүү температурасы жогорулаган сайын электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгүнүн (ачык көзөнөктүүлүгү) төмөндөгөнүн жана ийүүдөгү бекемдигинин жогорулагандыгын 3.2-таблицадан байкоого болот.

Кара-Кече чопосунун негизиндеги үлгү (Масса 1) 1140-1150$^0$С температура аралыгында тыгыз бышып, ийүүдөгү бекемдиги боюнча ГОСТ 20419-83 [24] талаптарына туура келет.

Айнек сыныктарынын курамындагы бир валенттүү натрий иондору М3 электрфарфор массасынын электр изоляциялоочу касиеттерин төмөндөтүшү мүмкүн. М2 жана М3 массаларынын электрдик бекемдиги талаптарга жооп берет [24].

Ушуга байланыштуу, бул массалардан негизги физикалык-механикалык мүнөздөмөлөрү боюнча электр изоляторлорун жасоого болот.

**3.2. Электрфарфордун электрфизикалык касиеттери**

Бардык электр керамикалык материалдар жогорку ысыкка, атмосферага, электрдик жалындарга туруктуу, электр изоляциялоочу касиетке жана жогорку механикалык бекемдикке ээ.

Электрфарфор негизинен айнек сымал масса (аморфтуу фаза) менен мүнөздөлөт. Айнек сымал фаза – кварц жана талаа шпатынын бөлүкчөлөрүнүн балкып эрүүсүндө пайда болуучу кварц-талаа шпаттуу айнек. Мындай фаза фарфордун жалпы массасынын 60% түзүп, электрдик бекемдик менен камсыз кылат.

Фарфордогу айнек фаза жогорку механикалык бекемдикти камсыз кылат. Фарфор кысуудагы жогорку бекемдик чегине (400-700 МПа), созуудагы (45-70 МПа) жана ийүүдөгү (80-150 МПа) төмөнкү бекемдик чегине ээ.

Фарфордун электр изоляциялоочу касиеттери аны нормалдуу температурада төмөнкү жыштыкта колдонууга шарт түзөт.

Керамиканын электр физикалык касиеттери анын кристаллдык жана айнек фазаларынын курамынан, структурасынан жана алардын катышынан көз каранды. Эркин электрондор керамикалык материалдарда жокко эсе. Керамиканын электр өткөргүчтүгү андагы фазалардын өткөргүчтүктөрүнөн турат. Көпчүлүк учурда керамика иондук өткөргүчтүк менен мүнөздөлөт. Керамиканын кристаллдык торчосундагы жана айнек фазадагы иондордун кыймылы менен мүнөздөлөт. Кристаллдык торчонун дефектилериндеги жана башка жагымсыз, керексиз кошулмалардагы иондор абдан кыймылдуу келишет. Айнек фазадагы иондор кристаллдык фазадагы иондорго караганда өтө кыймылдуу болушат. Ошондуктан, электр өткөргүчтүк ошол иондордун жардамы менен жүрөт. Кристаллдык фазадагы иондорго оксиддер, галогениддер кирсе, айнек фазадагы иондорго щелочтуу элементтердин иондору киришет [16, 29, 30].

Электр изоляциялоочу керамиканын электр физикалык касиеттерине диэлектр өткөргүчтүүлүк, диэлектр өткөргүчтүүлүктүн температуралык коэффициенти, салыштырмалуу көлөмдүк жана беттик каршылык $c_v$ $c_s$ , tgδ менен мүнөздөлгөн диэлектр жоготуулары, электрдик бекемдик же тешип өтүүчү чыңалуу кирет.

Керамикалык материалдардын электр өткөргүчтүгүн тескери чоңдугу электр каршылыгы аркылуу дагы бааласак болот. Бул үчүн салыштырмалуу көлөмдүк жана беттик каршылык $c_v$, $c_s$ түшүнүктөрү киргизилген.

$$c_v = R_v\,(S/n)$$

S-кесиндинин аянты $см^2$, n-үлгүнүн калыңдыгы см.

$$c_s = R_s\,(d/l)$$

d, l-квадраттын жактары.

Керамикалык материалдын салыштырмалуу көлөмдүк жана салыштырмалуу беттик каршылыктары белгилүү болсо, анда ал материалдын салыштырмалуу өткөргүчтүгүн эсептөө мүмкүн.

$$Y_v = 1/c_v \quad (Ом^{-1}*см^{-1})$$

$$Y_s = 1/c_s \quad (м^{-1})$$

Башка катуу телолор сыяктуу эле, керамиканын электр өткөргүчтүгү андагы заряд алып жүрүүчүлөрдүн концентрациясынан, чоңдугунан жана алардын кыймылынан көз каранды. Салыштырмалуу электр өткөргүчтүк

$$Y = qn_0v_0$$

q-ток алып жүрүүчүнүн заряды (кулон), $n_0$-көлөм бирдигиндеги заряд алып жүрүүчүнүн саны, $v_0$-заряд алып жүрүүчүлөрдүн кыймылы ($см^2/с*в$). Заряд ташуучулардын кыймылы деп алардын ылдамдыгынын электр талаасынын чыңалуусуна болгон катышты айтабыз:

$$V = v_0/E_0$$

Керамиканын электр өткөргүчтүгү температурадан көз каранды. Температура жогорулаган сайын керамиканын электр өткөргүчтүгү дагы жогорулайт, анткени, андагы иондордун кыймылы дагы ысытканда жогорулайт. Электр өткөргүчтүктүн температурадан көз карандылыгы:

$$Y = Y_0e^{\alpha t} \qquad c = c_0\,e^{-\alpha t}$$

α-температуралык коэффициент.

Таза кристаллдык керамика электр өткөргүчтүгүн салыштырмалуу жай өзгөртөт жана электр изоляциялоочу касиетин жогорку температураларда да сактай алат.

Диэлектр жоготуулары. Керамикалык материалга электр талаанын аракеттенишинин натыйжасында электр энергиясынын бир канча бөлүгү материал менен жутулат. Кристаллдык торчонун структуралык элементтерин жылдырууга коротулган жумушту диэлектр жоготуулары дейбиз. Башка диэлектриктер сыяктуу эле керамикалык материалдардагы диэлектр жоготуулары материалдын ысышы менен коштолот. Диэлектр жоготуулар тангенс бурчу менен мүнөздөлөт. Керамикадагы айнек фазанын жогорулашы диэлектр жоготууларын дагы жогорулатат.

Керамикалык материалдардын электрдик бекемдигине материалдын көзөнөктүүлүгү таасирин тийгизет. Жогорку электр өткөргүчтүк жана диэлектр жоготууларга ээ болгон керамикалык материалдардын электрдик бекемдиги төмөн болот.

Электрфарфор сыяктуу кеңири колдонулуучу материалдардын күйгүзүү процессинде сарпталуучу энергиялык чыгымдарды азайтуу азыркы учурдун негизги маселеси болуп саналат. Фарфор жана фаянс боюнча илимдин жана техниканын өнүгүшү күйгүзүү температурасын төмөндөтүүгө өбөлгө түздү (мисалы, үй-тиричилик фарфор үчүн 1250˚С) [31].

Мындай шарттарда фарфор, газ жана суюк отунду колдонбостон эле электр мештеринде күйгүзүлөт. Электр мешинде күйгүзүү тегиз болбосо, буюм тегиз бышпай калышы же күйүп кетиши жана ар кандай деформацияга дуушар болушу мүмкүн. Булардын негизинде продукциянын сапаты төмөндөп, өз баасын актабай калат.

Фарфордун күйгүзүү температурасын 1250˚С төмөн түшүрүү актуалдуу маселелердин бири. Анткени, мындай учурда мештин ичиндеги температураны тегиз жайылтуу, фарфордун кичирейүүсүн жана касиеттерин туруктуу абалга келтирүү мүмкүн.

Бул маселе керамикалык массага чийки компоненттер менен бирге бышырууну 1000-1200˚С температура интервалында активдештирүүчү заттардын кошулушунун жардамы менен ишке ашырылат [32].

Фарфорду алуу технологиясы боюнча белгилүү илимпоздор көптөгөн иштерди аткарышкан: Будников П.П., Августиник А.И., Масленникова Г.Н., Мороз И.И.,

Павлов В.Ф., Платов Ю.Т., Эндглунд В. Г.Н. Масленниковдун изилдөөлөрү боюнча, компоненттердин, айрыкча кварц компонентинин дисперстүүлүгү менен фарфор массаларынын бышыруусун интенсификациялоо мүмкүн.

### 3.2.1. Электрфарфордун электрдик бекемдиги.

Электрдик бекемдик электр чынжырларда изоляция үчүн колдонулуучу ар кандай материалдардын негизги мүнөздөмөсү болуп саналат. Электрдик бекемдик - диэлектриктин бузулушуна алып келүүчү электр талаанын критикалык чыңалуусу. Ал эми диэлектриктин бузулушу деп электрдик чыңалуунун натыйжасында диэлектрик материалынын изоляциялоочу касиеттерин жоготушу түшүндүрүлөт. Мындай бузулууда электр өткөргүчтүк дароо жогорулайт жана диэлектрик өткөргүчтүн милдетин аткара баштайт.

Катуу диэлектриктерде электрондук, иондук же аралаш өткөргүчтүк байкалат [30-32]. Мындай өткөргүчтүн тогун өлчөө менен диэлектриктин салыштырмалуу көлөмдүк каршылыгын аныктоо мүмкүн. Бирок, күчтүү электр талаасында диэлектрик аркылуу өткөн ток Омдун мыйзамына баш ийбейт. Чыңалуунун жогорулашы менен ток экспоненциалдуу түрдө жогорулайт [30, 18] жана чыңалуу кандайдыр бир мааниге ээ болгон кезде ток өтө жогорулап, материалдын бузулушуна алып келет.

Диэлектриктердин бузулушунун эки негизги түрлөрү белгилүү – жылуулук жана электрдик. Жылуулуктан бузулуу диэлектриктин белгилүү бир жеринин (локалдуу) өтө ысып кетиши менен байланыштуу. Чыңалуу жогорулаганда, диэлектрике бөлүнүп чыгуучу жылуулук саны да жогорулайт. Диэлектриктин көлөм биридигине бөлүнүп чыгуучу жылуулук кубаттуулугу:

$$\mathbf{w = j*E}$$

**j** - диэлектрик аркылуу өткөн токтун тыгыздыгы.

Омдун мыйзамы боюнча

$$\mathbf{j = E/r}$$

**r** – диэлектриктин салыштырмлуу көлөмдүк каршылыгы

**E** – электр талаанын чыңалуусу

Бир түрдүү диэлектрик үчүн $\mathbf{E = U/d}$

**U** – берилген чыңалуу

**d** – диэлектриктин калыңдыгы

Бөлүнүп чыккан жылуулуктун негизинде диэлектриктин ысып чыгышы салыштырмалуу каршылыктын **r** экспоненциалдуу төмөндөшүнө алып келет. Бул төмөндөө ток тыгыздыгынын **j** жана салыштырмалуу кубаттуулуктун **w** жогорулашына туура келет. Диэлектриктин бир бөлүгүндө чыңалуунун мындан аркы жогорулашында жылуулук тең салмактыгы өзгөрүп, диэлектриктин бузулушуна чейин температура жогорулайт.

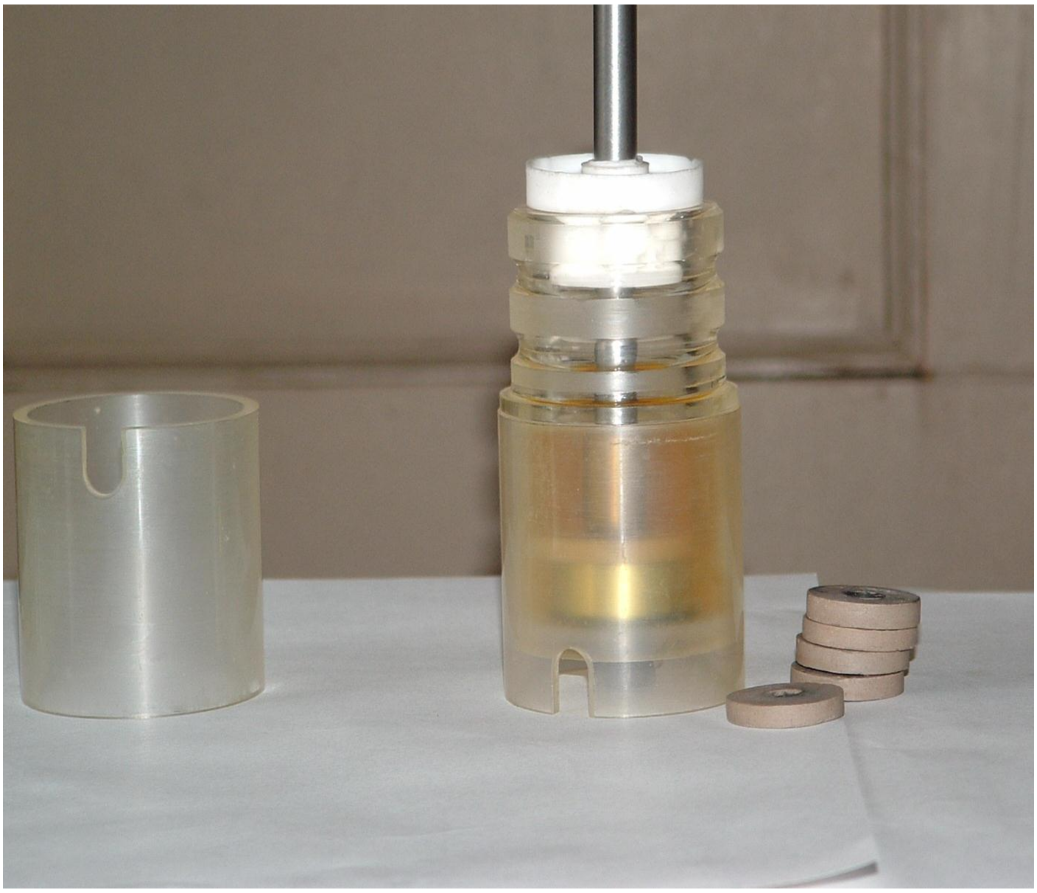
Берилген чыңалуу, температура төмөн жана салыштырмалуу каршылык **r** чоң мааниге ээ болгон учурда жылуулуктан бузуудан мурда электрдик бузулуу пайда болушу мүмкүн. Электрдик бузулуу электр өткөргүчтүктүн стационардык режиминин бузулушунун натыйжасында байланыштуу [33]. Чыңалуу талаасынын кандайдыр бир критикалык маанисинде, заряд алып жүрүүчүлөрдүн саны дароо жана тез жогорулашынын, электрондор менен урую ионизациясынын натыйжасында көпчүлүк диэлектриктер электрдик бузулууга дуушар болот.

Электрдик бузулуу үчүн температуранын жогорулашы менен электрдик бекемдиктин жогорулашы жана $10^{-7}$ с чейин берилген чыңалуунун убакыттан көз карандысыздыгы мүнөздүү.

### 3.2.1.1.Электрдик бекемдикти аныктоо

Керамикалык материалдардын электрдик бекемдиги ГОСТ 24409-80 [16] ылайык аныкталат. Керамиканын атайын жасалган формадагы үлгүлөрүн ток өткөрүүчү электроддор менен каптап электрдик бекемдик аныкталат. Ушул эле ГОСТо үлгүлөрдүн, жардамчы электроддордун стандарттык формасы жана өлчөмү берилген.

Стакан, жонулган органикалык айнек, астынкы жана үстүнкү электроддордон (дат баспоочу болот) турган разряд камерада үлгүнүн электрдик бекемдиги өлчөнөт. Үлгү астынкы жана үстүнкү электроддордун ортосуна коюлуп, үстүнкү электрод жогорку чыңалуу булагына байланышат. Бул электрод борбордук бойшакекте эркин сыйгаланып, өзүнүн салмагы менен жардамчы электроддордун, графит электроду менен капталган үлгүнүн контактысын камсыз кылат.



**3.1.-сүрөт.** Разряд камерасы

1-стакан. 2-үлгү. 3-жерге туташтырылган электрод.

4-жогорку вольттуу электрод. 5-борборлоштурулган бойшакек.

6,7-чечилүүчү экрандар. 8-электрдик бекемдиги аныкталуучу электрфарфор үлгүсү.

ГОСТ 24409-80 боюнча керамикалык материалдардын электрдик бекемдигин аныктоочу жабдык

**3.2-Сүрөт**. Электрдик бекемдикти аныктоочу жабдык

1-разряд камерасы

2-бокс

3- рентген дифрактометринин жогорку вольттуу кабели

4-бузулууда токтун разрядын чектөө үчүн колдонулган балласттык каршылык

5-киловольтметр

Беттик разряддан арылтуу үчүн үлгү жана электрод салынган стакан трансформатор майы менен толтурулат.

Диэлектриктин чечилүүчү 6 жана 7 цилиндр экрандары электрод 4 жана жерге туташтырылган шина ортосунда абадан бузулуу (вероятность воздушного пробоя) пайда болуп кетпешин камсыз кылат.

Тажрыйба жүргүзүү учурунда электрдик коопсуздукту камсыздоо үчүн разряд камерасы органикалык айнектен жасалган бокска салынат (3.2-сүрөт) жана астыңкы электрод менен жерге туташтырылат. Разряд камерасынын үстүнкү электродуна генератордон кабель менен жогорку чыңалуу балласттык резистор 4 аркылуу берилет. ГОСТ 6433.3-71 [27] талаптарына ылайык, (бузулууда) жогорку чыңалуунун булагы (п.3.1) 40 мА ден кем эмес кыска туюкташуу тогу (ток короткого замыкания) менен камсыз кылышы керек. Балласттык резистор 40 мА разряд тогун чектейт (20 кВ) жана разряд учурунда термелүү контурунун бекемдигин (добротность колебательного контура) төмөндөтөт.

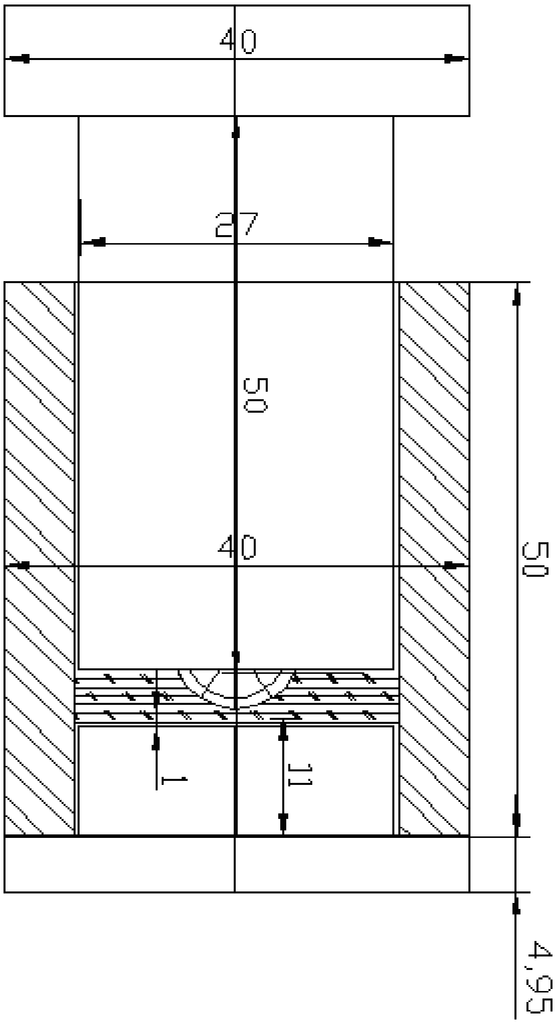
Үлгүгө берилген чыңалуу С96 электрстатикалык киловольтметрдин жардамы менен өлчөнөт. Материалдын бузулуу убактысы киловольтметрдин көрсөткүчтөрүнүн тез төмөндөшү жана мүнөздүү үн эффекти менен коштолот. Жогорку чыңалуудан ажыратылгандан кийин система автоматтык түрдө резистор аркылуу жогорку чыңалууну жердетет. Бул үлгүнү разряд камерадан коопсуз алмаштырууну камсыздайт.

**3.2.1.2. Электрдик бекемдикти аныктоо методикасы.**

Үлгүлөрдү даярдоо.

16-18% нымдуу массадан экструзия методу менен диаметри 27 мм болгон таяк (цилиндр) түрүндө калыпка салынды. Андан кийин, калыңдыгы 4,5 мм болгон дисктерге (табактарга) кесилип алынды. Үлгүлөргө ГОСТ 24409-80 [16] талаптуу формасын камсыз кылуу үчүн, дисктер атайын жасалган пресс-формада престелди (3.3-сүрөт). Алынган үлгүлөр кургатылгандан кийин масса үчүн оптималдуу деп эсептелинген температурада күйгүзүлдү. Үлгүлөрдүн уч беттери

[16]га ылайык графит электроддор менен капталды. Өлчөө ишин баштоодон мурун үлгүлөр 150$^0$С кургатылып, 50-60$^0$Ска чейин муздатылган соң трансформатор майы куюлган стаканга салынат.




**3.3-сүрөт**. Пресс-форма

1- Электрдик бекемдиги аныктала турчу калыпка салынуучу үлгү
2- үстүңкү пуансон,
3- диаметри 11 мм болгон шарик
4- астыңка пуансон,
5- матрица

ГОСТ 24409-80 боюнча керамикалык материалдардын электрдик бекемдиги өзгөрүлмө чыңалууда өлчөнүшү зарыл. Даяр жогорку вольттуу булактар болгондуктан өлчөө иштери ГОСТ 6433.3-71 [17] ылайык туруктуу чыңалууда өлчөндү.

Тажрыйба жүргүзүү

Разряд камера ичиндеги үлгүгө жогорку чыңалуу берилет. Чыңалуу [17] рекомендацияга ылайык жогорулатылды. Баштапкы чыңалуу 10 кВ болуп, 10-20 с сайын 1 кВ ко көтөрүлүп турду. Бузулуудан кийин жогорку чыңалуу өчүрүлүп, үлгү разряд камерадан чыгарылды. Жетишерлик кубаттуулуктун негизинде пайда болгон үлгүдөгү бузулуу жакшы байкалып калды.

Кара-Кече чопосунун негизиндеги максималдык тыгыздыкка чейин күйгүзүлгөн М1 массанын үлгүлөрү керамиканын калындыгы минималдуу болгон (1,5 мм) айча жерде эмес, анын жанындагы (4 мм) болгон жерде бузулууга туш келди. Бузулуу өтө чон эмес чыналууда 15-27 кВ эле пайда болду. Статистика көрсөткөндөй, үлгүлөрдүн 10%ы гана айчанын борборунда бузулду. Ал эми 30% - айчада, бирок анын борборунда эмес жерде бузулууга дуушар болду. Үлгүлөрдүн көпчүлүгү айчанын жанында бузулду. Бул көзгө байкалбаган үлгүнүн кээ бир дефекттери менен байланыштуу.

Мындай дефекттер эмнеден пайда болуп жаткандыгын түшүндүрүү үчүн электрфарфордун үлгүлөрү ар кандай температурада күйгүзүлдү жана ошол эле массадан бир нече үлгүлөр гипс калыптарына шликердик куюу ыкмасы менен алынды.

Үлгүлөр $1120^0$С температурада күйгүзүлдү. Мештин ичиндеги температура микропроцессорлуу терморегулятор OMRON-5GN $1^0$С тактык менен текшерилип турду. $1120^0$С күйгүзүлгөн үлгүлөрдүн суу сиңиримдүүлүгү 0,5% түздү. Бардык үлгүлөр (15 даана.) айчанын борбордук бөлүгүнөн электрдик чыңалуунун таасиринде бузулду. Жогоруда белгиленген дефекттер бул учурда байкалган жок. Гипс калыптарына куюу жана экструзия ыкмалары менен даярдалган импорттолгон чийки заттардын негизиндеги М3 жана М2 массаларынын үлгүлөрүндө тыгыз бышуу температурасында ($1150^0$С) да дефекттер байкалган эмес. Ошентип, электрдик бекемдиги төмөн болгон дефекттүү бөлүктөр Кара-

Кече чопосунун негизинде экструзия ыкмасы менен алынган жана 1150$^0$С температурада күйгүзүлгөн үлгүдө гана байкалган. (Андан жогорку 1160$^0$С температурада үлгү деформацияланат жана күйүп кетет.)

Электрдик бекемдикти аныктоо ГОСТ 24409-80 методикасы боюнча эсептелинди жана 3.3-таблицада жыйынтыктары берилди.

**3.3-таблица**. Электрфарфор массаларынын электрдик бекемдиги $Е_{пр}$, кВ/мм.

| № | Электрфарфор массалары | Калыпка салуу ыкмасы | Күйгүзүү температурасы, $^0$С | Электрдик бекемдиктин орточо мааниси $Е_{пр}$, кВ/мм |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Масса 1 | экструзия | 1150 | 23 |
| 2 | Масса 1 | - «»- | 1120 | 18 |
| 3 | Масса 1 | Куюу ыкмасы | 1150 | 23 |
| 4 | Масса 2 | экструзия | 1150 | 27 |
| 5 | Масса 3 | экструзия | 1150 | 26 |

Алынган жыйынтыктар көрсөткөндөй, Кара-Кече чопопсунун негизиндеги М1 үлгүнүн электрдик бекемдиги (23 кВ/мм) ГОСТ 20419-83төгү силикат фарфоруна коюлган талаптарга жакын (25 кВ/мм [24]). Бирок, бул массанын пластик калыпка салуу ыкмасы менен алынган үлгүлөрүнүн структурасындагы дефекттер электрдик изоляторлорду өндүрүүнү татаалдатат. Анткени гипс калыптарына куюу ыкмасы менен алууда калыңдыгы 10 мм чоң болгон буюмдарды жасоого туура келбейт. Үлгүдө мындай дефекттерди пайда болтурбоо үчүн күйгүзүү температурасын төмөндөткөндө, электрдик жана механикалык бекемдиктеринин төмөндөшү менен коштолот.

Импорттолгон чопонун негизиндеги айнек кошулган (күйгүзүү температурасын төмөндөтүү үчүн) М3 массасы М2 массасы сыяктуу эле жогорку электрдик бекемдикке ээ. Бул эки масса механикалык жана электрдик бекемдиги боюнча [24]түн талаптарына жооп берет жана жогорку чыңалуудагы (6-30 кВ) электр изоляторлорун өндүрүүдө колдонулса болот.

Көпчүлүк үлгүлөр жогорку чыңалууда бир канча убакыт (10-60 с) кармагандан кийин бузулууга дуушар болду. Мындай бузулуу жылуулуктан болушу мүмкүн [26].

Электрфарфордун электрдик бекемдигин тез төмөндөтүүчү, анын структурасынын ыктымалдуу дефекттери болуп созулган көзөнөктөр же электр өткөрүгүчтүүлүгү жогору болгон фазалардын топтолушу эсептелинет. Массаны экструзия ыкмасы менен калыпка салганда жетишерлик эмес вакуумдашып калган болсо, андагы аба күйгүзүүдөн кийин октору тең эмес көзөнөктөрдү пайда кылат. Абанын электрдик бекемдиги электрфарфордукуна караганда төмөн болгондуктан массанын созулган микрокөзөнөк жана микрожаракалар боюнча бузулуусунун ыктымалдуулугу өтө жогору.

Мурда [28] белгиленип кеткендей, Кара-Кече чопосунда көмүр, гипс, пирит, темирдин дисперстүү слюдалары сыяктуу көптөгөн кошундулары бар. Сокулук керамика заводунун технологиясы боюнча биринчиден чопонун чоң бөлүктөрү (0,3 мм жана андан чоң) алынып салынат жана майда бөлүктөрү шар тегирменинде майдаланылат. Керамикада ачык көзөнөктүүлүк жогору болгон болсо, андан көмүртекти 800-900$^0$С температурада күйгүзүү менен арылтуу үчүн мештин күчөтүлгөн вентиляциясында изотермиялык кармоо (2-3 саат) колдонулат. Үлгүлөрдү күйгүзүү учурунда изотермиялык кармоо колдонулду, ал эми алардын чоң эмес калыңдыгы (4 мм) көмүртектин арылуусуна мүмкүнчүлүк түзүп берди. Бирок, массадагы күйүп кеткен бөлүкчөлөрдүн орду (көзөнөктөр) кандай жабылаары тууралуу маалыматтар жок. Гипс жана пирит күйгүзүү процессинде кальций жана темирдин оксиддерине ажырашат. Бул оксиддер суюк фазада эрип, силикаттарды пайда кылышат. 1150$^0$С температурада пирит, темир слюдалары (биотит) интенсивдүү ажырашып, каралжын айнекти пайда кылуу менен балкып эришет. Экструзия процессинде слюданын пластинкалары массада орун алып, созулган айнек каналдарын жаратуу менен бирге разряддын таралышын камсыздайт.

## 3.3. Традициялык фарфор менен салыштыруу

Традициялык фарфор ак, суу киргизбеген жана тыгыз бышкан керамикалык материал. Мындай фарфор жогорку механикалык бекемдикке, термо жана химиялык туруктуулукка ээ. Фарфор буюмдары чопо материалдарынан (чопо, каолин), кварц, талаа шпаты жана башка алюмосиликаттардан турган жука аралашмадан (тонкая смесь) жасалат. Фарфордун массасынын курамы жана күйгүзүү температурасы негизги физикалык жана механикалык касиеттерин аныктайт. Баштапкы чийки заттардын курамы, алардын айкалышы жана күйгүзүү температурасынын максималдуулугу боюнча традициялык фарфор катуу фарфор (күйгүзүү температурасы 1380-1450°С) жана жумшак фарфор (күйгүзүү температурасы 1300°Сдан төмөн) деп айырмаланат. Катуу фарфордун курамында каолин көбүрөөк жана талаа шпаты азыраак болот.

Катуу фарфор — кеңири таралган фарфор болуп саналат. Ал жогорку химиялык туруктуулугу, механикалык бекемдиги, тыгыздыгы жана электр изоляциялоочу жөндөмдүүлүгү менен мүнөздөлөт. Мындай фарфордон ар кандай үй-тиричилик, көркөм искусство жана техникалык буюмдар жасалат. Катуу фарфордон жасалган буюмдар  химия, электртехника өнөр-жайларында жана башка  тармактарда кеңири колдонулат.

Жумшак фарфордун курамында күйгүзүү температурасын төмөндөтүүчү заттардын саны жогору болгондуктан, анда айнек фаза көп өлчөмдө пайда болот. Мындай учурда фарфордун бекемдиги жана термо туруктуулугу эки эсе төмөндөйт. Сөөк фарфору, талаа шпаттуу фарфор жана башка ушул сыяктуу жумшак фарфордун түрлөрү бар. Жумшак фарфордон көркөм искусство, сувенир буюмдары, скульптуралар, үй-тиричилик идиштер, санитардык-техникалык буюмдар жана төмөнкү вольттуу изоляторлор жасалат.

Өнөр-жайдын ар кыл тармагында, күнүмдүк жашообузда кеңири колдонулуп келген жана колдонулуп жаткан керамикалык буюм-тайымдардын жасоо технологиясында энергетикалык чыгымдарды азайтуу күнүбүздүн маанилүү маселеси болуп саналат.

Илим жана техниканын өнүгүшү ар кандай фарфор буюмдарынын күйгүзүү температурасын төмөндөтүүгө өбөлгө түздү. Традициялык фарфор, башка

керамикалык материалдар сыяктуу эле бир катар технологиялык стадиялар аркылуу алынат. Күйгүзүү учурунда фарфордун структурасы 900-1400$^{0}$C температура аралыгында калыптанат. Ал эми жергиликтүү компоненттердин негизиндеги электрфарфордун структурасы андан төмөнкү температурада – 850 – 1150$^{0}$C калыптанышы аяктады. Фарфор структурасынын мындай калыптануусу анын курамындагы чийки заттардын минералдык курамы менен байланыштуу жана мындай шарттарда (төмөнкү температурада) фарфорду газ жана суюк отунду колдонбостон, электр мештеринде күйгүзүүгө болот. Учурда газ кымбат болгондуктан, электр энергиясын колдонуп фарфор буюмдарын өндүрүү экономикалык жактан салыштырмалуу арзан жана сапаттуу буюмдарды алууга шарт түзөт.

Төмөнкү температурада күйгүзүлгөн электрфарфорун традициялык фарфор менен салыштыруу үчүн төмөнкү таблицада алардын негизги физикалык-механикалык касиеттери берилген.

**3.4-таблица.** Традициялык фарфордун жана төмөнкү температурада күйгүзүлгөн электрфарфордун айрым касиеттери

| | **Фарфор түрлөрү** | **Традициялык фарфор** | **Электрфарфор массалары** | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | **M1** | **M2** | **M3** |
| **Негизги параметри жана касиеттери** | Күйгүзүү температурасы | 1300-1450 | 1150 | 1150 | 1150 |
| | Суу сиңиримдүүлүгү, % | 0.1 | 0 | 0.05 | 0.1 |
| | Ийүүдөгү бекемдик, МПа | 70 | 78 | 80 | 81 |
| | Электрдик бекемдик, кВ/мм | 25-40 | 23 | 27 | 26 |

Жогорудагы таблицалардан байкалгандай, алынган электрфарфор массалары традициялык фарфорго салыштырмалуу күйгүзүү температурасы төмөн болсо дагы башка негиги касиеттери өтө чоң айырмаланган жок.

**Жыйынтык**

1. Салыштырмалуу төмөнкү температурада күйгүзүлүп алынуучу электрфарфор массаларынын оптималдуу курамдары жергиликтүү чийки заттардан (Кара-Кече чопосу, Чоку-Булак каолини, пегматит, терезе айнегинин сыныктары ж.б.) алынды. Жергиликтүү чийки заттардын негизги компоненттеринин бири болгон Кара-Кече чопосундагы алюминийдин оксиди төмөн жана щелочтук металлдардын оксиддери жогору болгондугу аныкталды.

2. Жергиликтүү чийки заттардын курамындагы (Кара-Кече чопосундагы) щелочтук металлдардын оксиддери менен кремнийдин оксиддери ($Me_2O$ – $SiO_2$) $793^0$С баштап суюк фазаны пайда кыла баштайт. Ошондуктан электрфарфордун структурасынын калыптанышы $800^0$С башталып $1150^0$С аяктайт.

3. Жергиликтүү чийки заттардан алынуучу электрфарфор массаларынын оптималдуу курамдарынын күйгүзүү температурасы 1100-$1150^0$С түзүп, традициялык фарфордун күйгүзүү температурасынан 250-$300^0$С төмөн.

4. Алынган электрфарфор массаларынын суу сиңиримдүүлүгү, ийүүдөгү бекемдиги жана электрдик бекемдиктери аныкталды, алар ГОСТ 20419-83 талаптарына жооп бергендиги такталды жана электр тармактарында колдонууга сунуштоого болот.

5. Алдын ала эсептөөлөргө караганда жана Кыргызстандагы керамика өндүрүүчү ишканалардын тажрыйбалары боюнча жергиликтүү чийки заттардын баасы сырттан алып келгенге караганда, эки эсе арзан. Керамиканы жергиликтүү чийки заттардан бышыруу стандартуу электр фарфорлорго караганда 1,5-2 эсеге арзан. Жалпысынан жергиликтүү чийки заттардан алынган керамикалык буюмдар сырттан алып келгенге караганда наркы 20-50 % төмөн болот.

## Колдонулган адабияттар


1. Технология электрокерамики. / Под ред. Г.Н. Масленниковой. - М.: Энергия, 1974

2. Химическая технология стекла и ситаллов. Под ред. Павлушкина Н.М. - М.:Стройиздат, 1983

3. Будников П.П., Бережной А.С. и др. Технология керамики и огнеупоров. – М.: Госстройиздат, 1962
4. Балкевич В. Л. Техническая керамика – М. Стройиздат, 1984
5. Бешенцев В.Д. Высоковольтный электротехнический фарфор на основе обожженного каолина с повышенными электротехническими свойствами // Автореферат дис. кандид. техн. наук.- М., 1987

6. Августиник А.И. Керамика. – Л.: Стройиздат, 1975.

7. Кингери У.Д. Введение в керамику. - М.: Стройиздат, 1967.- 498 с.
8. Августинник А.И. Керамика. - Л.: Стройиздат, 1975.- 592 с.
9. Масленникова Г.Н. Нетрадиционные сырьевые материалы в производстве алюмосиликатных керамических материалов. // Стекло и керамика. – 2003.-№ 11
10. Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей).М.-Л.,1958
11. Химическая технология керамики и огнеупоров. / Под ред. П.П. Будникова, Д.Н. М.:Стройиздат, 1972
12. Полубояринова.- Балкевич В. Л. Техническая керамика – М. Стройиздат, 1984
13. Алексеев Ю.И., Абакумов А.Е., Абакумова Е.В. Диопсидовый фарфор // Стекло и керамика. – 1995. – №4. – 17-19.

14. Физика электролитов. /Под ред. Дж.Хладика - М.: Мир, 1978. - 555с.

15. Могилевская Наталья Викторовна. Составы и технология фарфора и фаянса низкотемпературного обжига с активными компонентами. Томск 2008

16. ГОСТ 24409-80. Материалы керамические электротехнические. Методы испытаний. - М.: Издательство стандартов, 1987.
17. ГОСТ 6433.3-71. Методы определения электрической прочности при переменном и постоянном напряжении. - М.: Издательство стандартов, 1982.
18. Grimshaw, R., The chemistry and physics of clays, Pennsylvania State University, A.B.D., 1971.
19. Fortuna, D., “Ceramic Technology Sanitaryware”, Graphic Line, Faenza, Italy, 25-33, 2000.
20. ГОСТ 20419-83 Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования. - М., Издательство стандартов. 1986. -13 с.

21. Практикум по технологии керамики: /Боркоев Б.М., Жердев А.М. и другие Бишкек, 1996.
22. Артаманова М.В., Рабухин А.М., Савельев В.Г. Практикум по общей технологии силикатов. - М.: Стройиздат, 1996.- 280 с.
23. Отчет ИФН за 2004 г, Бишкек, 2004.
24. ГОСТ 20419-83 Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования. - М.: Издательство стандартов, 1983.
25. Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования.- Л.:Наука, 1980.-187 с
26. Носова З.А. Циркониевые глазури. - М.: Госстройиздат, 1965.- 175с.
27. Левицкий И.А., Мазура Н.В. Глушенные глазури высокотемпературного обжига для санитарных керамических изделий. //Стекло и керамика.- 2005.-№7.-С.21-24.
28. Физика электролитов. /Под ред. Дж.Хладика/. - М.: Мир, 1978. - 555с.
29. Сканави Г.И. Физика диэлектриков (область сильных полей). –М.- Л.,1958.-478 с.
30. ГОСТ 6433.3-71. Методы определения электрической прочности при переменном и постоянном напряжении. - М.: Издательство стандартов, 1982.
31. Отчеты за 1997-2003 гг. ИФН, Бишкек
32. US Patent & Trademark Office. http://www.uspto.gov/patft/index.html
33. Караханиди С.Г. Активные минеральные добавки Киргизии и возможности их использования в промышленности строительных материалов. Фрунзе, 1988.
34. Абдыкалыков А. Экспериментально-теоретические основы оптимизации реологических и прочностных свойств наполнительных композиционных строительных материалов. КГУСТА, Бишкек, 2000.
35. Ассакунова Б.Т. Модифицированные водостойкие гипсовые вяжущие вещества из местного сырья. Бишкек : Китеп Компани 2008.
36. Мавлянов А.С. Расчет сырьевых шихт и исследование свойств формовочных смесей и купноразмерных керамических изделий. Бишкек, 2003, 166-бет.
37. Абылов С.А. Безобжиговая черепица из местного сырья. КГУСТА, Бишкек: Китеп Компани 2008.
38. Arnika International GmbH компаниясынын сайтынан.

**ӨМҮР БАЯН**

**Туулган жери жана жылы : Нарын шаары, 1987**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Билим алган окуу жайлар** | : | **Баштоо жылы** | **Бүтүрүү жылы** | **Окуу жайдын аты** |
| **Орто билим** | : | **1995** | **2005** | **Матен Сыдыков атындагы №7-орто мектеп** |
| **Жогорку билим** | : | **2005** | **2009** | **Жусуп Баласагын атындагы Кыргыз Улуттук Университети** |
| **Магистратура** | : | **2009** | **2012** | **Кыргыз-Түрк «Манас» Университети** |
| **Докторантура** | : | **----** | **----** | **----** |
| **Үй-бүлөлүк абалы** | : | **бойдок** | | |
| **Билген чет тилдер** | : | **орусча** | **түркчө** | **англисче** |
| **Деңгээли** | : | **абдан жакшы** | **жакшы** | **жакшы** |
| **Иштеген мекемелер** | : | **Баштоо жылы** | **Бошонуу жылы** | **Мекеме аты** |
| | | **1. 2008** | **2008** | **ASAEL. LTD** |
| | | **2. 2010** | **---** | **Колледж “Интеллект”** |

**Өлкө ичинде жана чет өлкөдө катышкан чогулуштар :**

**Басылып чыккан илимий иштер :**

**1.** Ырыскелдиева Р.К., Боркоев Б.М., Жердев А.С., Гөкдоган Р. “Техникалык керамиканы алууда Кыргызстандагы минералдык чийки заттарды рационалдуу колдонуу” И. Арабаев атындагы “КМУ жарчысы” Бишкек, 2011. 257-262 б.

**2.** Ырыскелдиева Р.К. “Жергиликтүү чийки заттардан алынган электрфарфордун структурасы жана касиеттери” И. Раззаков атындагы Кыргыз Техникалык Университетинин жаш илимпоздор жана студенттердин 52-илимий-техникалык конференциясы. Бишкек, 2011.

25/05/2012

Роза Ырыскелдиева

КЫРГЫЗ-ТҮРК “МАНАС” УНИВЕРСИТЕТИ

**ТАБИГИЙ ИЛИМДЕР ИНСТИТУТУ**

**ХИМИЯ ИНЖИНЕРИЯСЫ БӨЛҮМҮ**

# ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ФАРФОРДУН ЭЛЕКТРДИК КАСИЕТТЕРИН АНЫКТОО

**( МАГИСТРДИК ДИССЕРТАЦИЯ)**

**Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА**

**БИШКЕК 2012**

**ТӨМӨНКҮ ТЕМПЕРАТУРАДА КҮЙГҮЗҮЛГӨН ФАРФОРДУН ЭЛЕКТРДИК КАСИЕТТЕРИН АНЫКТОО**

**Роза ЫРЫСКЕЛДИЕВА**

**БИШКЕК 2012**