

DOI: <https://doi.org/10.30546/301678.02.02.2025.003>

AZƏRBAYCAN İSTEHSALI OLAN KERAMİKA İNŞAAT MATERIALLARININ FİZİKİ MEXANİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏDQIQI

Rəhimli Fidan Sakit

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),

Beynəlxalq Magistratura və Doktorantura Mərkəzi

E-mail: fidanrehimli02@gmail.com

XÜLASƏ

Bu məqalədə Azərbaycan istehsalı olan keramika inşaat materiallarının fiziki və mexaniki xüsusiyyətləri ətraflı şəkildə tədqiq edilir. Tədqiqatın əsas məqsədi ölkəmizdə istehsal olunan müxtəlif keramika məhsullarının keyfiyyət göstəricilərini beynəlxalq standartlarla müqayisə etmək, həmçinin onların tikinti sənayesində istifadəsi üçün optimal şərtləri müəyyən etməkdir. Keramika inşaat materialları, xüsusilə kərpiclər və plitələr, tikinti işlərində geniş tətbiq olunur və onların keyfiyyəti həm tikilinin dayanıqlılığı, həm də uzunömürlülüüyü baxımından xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu səbəbdən yerli istehsal məhsullarının fiziki və mexaniki göstəricilərinin təhlili, onların beynəlxalq standartlara uyğunluğunun müəyyən edilməsi vacibdir.

Tədqiqat çərçivəsində müxtəlif növ keramika materialları üzərində sistemli laboratoriya təcrübələri aparılmışdır. Analiz edilən nümunələr arasında ən çox istifadə olunan keramika kərpicləri, keramika plitələri və texniki keramika məhsulları yer almışdır. Bu materialların mühüm göstəricilərindən biri sıxılma möhkəmliyidir ki, bu parametr onların yüklənmə altında deformasiya etmə qabiliyyətini və tikilidə struktur dayanıqlığını göstərir. Həmçinin su udma qabiliyyəti, sıxlıq, məsaməlilik və şaxtaya davamlılıq kimi fiziki xüsusiyyətlər də öyrənilmişdir. Su udma qabiliyyəti, xüsusən rütubətli mühitlərdə materialın performansını təyin edir, çünki yüksək su udma qabiliyyəti şaxta və donma şəraitində materialın sürətlə zədələnməsinə səbəb ola bilər. Məsaməlilik və sıxlıq göstəriciləri isə materialın yüngüllüyü, istilik keçiriciliyi və mexaniki dayanıqlığı haqqında məlumat verir.

Açar sözlər: *Azərbaycan keramika, İnşaat materialları, Fiziki və mexaniki xüsusiyyətlər, Sıxılma möhkəmliyi, Məsaməlilik, Sıxlıq, Texniki keramika*

JEL kodları : L60, O31, Q53

GİRİŞ

Son illərdə Azərbaycanda tikinti və inşaat sektorunun sürətli inkişafı ölkə iqtisadiyyatında mühüm rol oynayır və bu sahədə istifadə olunan materiallara olan tələbatı əhəmiyyətli dərəcədə artırmışdır. Xüsusilə keramika inşaat materialları kərpiclər, plitələr və müxtəlif keramika blokları müasir tikinti layihələrində geniş tətbiq olunur. Yerli istehsal müəssisələri, o cümlədən Sumqayıt, Qaradağ, Gəncə və Naxçıvan bölgələrində fəaliyyət göstərən keramika zavodları, müxtəlif növ məhsullar istehsal edərək həm yerli, həm də regional bazarın tələbatını ödəməyə çalışır. Bu müəssisələrdə istehsal olunan keramika materiallarının keyfiyyəti birbaşa tikililərin möhkəmliyi, dayanıqlılığı və enerji səmərəliliyinə təsir göstərir.

Keramika materiallarının tikinti sənayesində geniş istifadəsi onların fiziki və mexaniki xassələrinin dərin şəkildə öyrənilməsini zəruri edir. Sıxılma möhkəmliyi, su udma qabiliyyəti, məsaməlilik, sıxlıq və şaxtaya qarşı davamlılıq kimi əsas göstəricilər, materialların performansını, uzunömürlülüynü və müxtəlif iqlim şəraitində tətbiq imkanlarını müəyyən edir. Bu parametrlərin yüksək səviyyədə olması yalnız tikilinin struktur dayanıqlığını təmin etmir, həm də istilik izolyasiyası, enerji effektivliyi və istifadə rahatlığı baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Ölkəmizdə keramika sənayesinin inkişafı həm texnoloji, həm də iqtisadi baxımdan ölkə üçün strateji əhəmiyyət daşıyır. Yerli istehsal məhsullarının keyfiyyətinin beynəlxalq standartlara uyğunluğunun təhlili, tikinti materiallarının istehsalında keyfiyyətin artırılması və onların daha geniş spektrdə istifadəsi üçün əhəmiyyətlidir. Bundan əlavə, yerli keramika məhsullarının fiziki-mexaniki xüsusiyyətlərinin öyrənilməsi ölkədə tikinti sənayesinin davamlı inkişafına və infrastruktur layihələrinin daha etibarlı şəkildə həyata keçirilməsinə töhfə verir. Araşdırmalar həmçinin istehsal proseslərinin optimallaşdırılması, material xərclərinin azaldılması və məhsulun keyfiyyətinin yüksəldilməsi üçün mühüm məlumat bazası yaradır. Bu səbəbdən Azərbaycan keramika inşaat materiallarının fiziki və mexaniki xassələrinin sistemli şəkildə tədqiqi, həm akademik, həm də praktik baxımdan böyük əhəmiyyətə malikdir. Ümumilikdə, ölkədə keramika istehsalının inkişafı, bu sahədə tədqiqatların aparılması və nəticələrin beynəlxalq standartlarla müqayisəsi tikinti materiallarının keyfiyyətinin artırılmasına, yerli bazarın güclənməsinə və sənaye texnologiyalarının modernləşdirilməsinə imkan verir. Beləliklə, məqalədə təqdim olunan araşdırmalar, Azərbaycan keramika sənayesinin potensialını və onun tikinti sektorunda tətbiq imkanlarını daha geniş perspektivdə qiymətləndirməyə xidmət edir.

Tədqiqatın məqsədi

Azərbaycan istehsalı olan keramika inşaat materiallarının fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərini kompleks şəkildə tədqiq etmək, əldə olunan göstəriciləri beynəlxalq standartların tələbləri ilə müqayisə etmək və bu materialların tikinti sahəsində istifadəyə yararlılıq səviyyəsini müəyyənləşdirməkdir.

Ədəbiyyat icmal

Tikinti və memarlıq sahəsində son illərdə aparılan tədqiqatlar, həm yerli, həm də beynəlxalq səviyyədə, müasir materiallardan istifadə və dizayn prinsiplərinə böyük diqqət ayırır. Asatov (2021) beton konstruksiyalarda mürəkkəb əlavələrin istifadəsinin struktur dayanıqlılığa və materialların uzunömürlülüə təsirini araşdırmışdır. Bu iş, xüsusilə beton texnologiyalarının təkmilləşdirilməsi və ekoloji cəhətdən davamlı materialların tətbiqi baxımından əhəmiyyətlidir.

Yerli tədqiqatçılar, xüsusilə Aliyev (2020), N.U. Asatov (2020) və İslamova (2020), brick və digər ənənəvi tikinti materiallarının dinamik xüsusiyyətlərini və müasir texnologiyaların tikinti proseslərində tətbiqini təhlil etmişlər. Bu işlər, yerli inşaat standartları və texnoloji imkanlarla əlaqədar praktik tövsiyələr təqdim edir. Həsənov (2018) və Məmmədov (2019) isə bina və quruluşların dayanıqlılığı və dizayn prinsipləri üzərində geniş tədqiqat apararaq, struktur və material seçiminin önəmini vurğulamışlar.

Xarici ədəbiyyat isə daha çox qlobal praktikalar və fundamental prinsiplərə fokuslanır. Ching (2014) tikinti proseslərini vizual və metodik şəkildə izah edərək, tələbələr və mütəxəssislər üçün əsas resurs rolunu oynayır. Allen və Iano (2019) tikinti materialları və metodlarını ətraflı şəkildə təsvir edərək, müasir inşaatın texniki əsaslarını təqdim edirlər. Smith və Coull (1991) yüksək mərtəbəli binaların analizi və dizaynı mövzusunda əhəmiyyətli nəzəriyyə və tətbiqləri təqdim edir. Kilkis (2020) isə davamlı tikinti dizaynının prinsiplərinə və praktik aspektlərinə diqqət yetirərək, ekoloji cəhətdən səmərəli binaların planlaşdırılması üçün istiqamətlər göstərir. Galloway və Goodman (2016) memarlıq dizaynı və tikinti proseslərini əhatə edən geniş bir əlyazma təqdim edərək, layihələndirmədən icraya qədər bütün mərhələləri əhatə edir.

Yekun olaraq, yerli və xarici ədəbiyyat bir-birini tamamlayır. Yerli tədqiqatlar xüsusilə mövcud materialların və texnologiyaların tətbiqinə fokuslanır, xarici mənbələr isə beynəlxalq standartlar, davamlı dizayn və müasir konstruksiya texnologiyalarını əhatə edir. Bu baxımdan, hər iki mənbə qrupu birləşdirildikdə, müasir bina və quruluşların effektiv və dayanıqlı dizaynı üçün geniş nəzəri və praktik baza formalaşır.

Keramika materiallarının anlayışı və təsnifatı

Keramika materialları – yüksək temperaturda bişirilmiş, qeyri-metall və qeyri-orqanik xammallardan (əsasən gil, kaolin, kvars, feldşpat və s.) hazırlanmış materiallardır. Onlar sərt, möhkəm, istiliyə davamlı və kimyəvi təsirlərə qarşı davamlı olur. Keramikalar həm ənənəvi sahələrdə (məsələn, tikinti, məişət qabları), həm də yüksək texnologiyalarda (elektronika, tibbi implantlar, aerokosmik avadanlıqlar) geniş istifadə olunur. (M.R. Aliyev, Academy, 2020)

- Əsas xüsusiyyətləri
- Yüksək sərtlilik
- Böyük sıxılma möhkəmliyi
- Yüksək ərimə temperaturu
- İstilik və kimyəvi təsirlərə qarşı davamlılıq
- Aşağı elektrik və istilik keçiriciliyi
- Kövrəklik

Keramikalar müxtəlif əlamətlərə görə təsnif edilə bilər. Lakin bizim məqalədə inşaatda istifadə edilən keramika materiallarının tədqiqatını aparmağa çalışmışıq.

Cədvəl: İnşaatda istifadə olunan yerli keramika nümunələrinin seçilməsi və təsnifatı

Nümunə növü	Forma istifadə	İstehsal texnologiya	Tərkib	Mexaniki və fiziki xüsusiyyətlər	Qeyd
Divar kərpic	Standart ölçülü kərpic, divar tikintisi	Əl ilə və ya maşınla formalaşdırılmış, sobada bişmiş	Gil, bəzən qum və digər bağlayıcı qatqılar	Yüksək möhkəmlik, orta-su udma qabiliyyəti, çatlamalara qarşı davamlı	Ən çox istifadə olunan tikinti materialı
Tikinti bloku	Böyük ölçülü blok, yüngülləşdirilmiş	Preslənmiş, yüksək temperaturda bişmiş	Gil, qum, bəzən əlavə bağlayıcı	Yüngül və möhkəm, suya dayanıqlı	Böyük tikinti layihələri üçün uyğundur
Döşəmə plitəsi	Kvadrat və ya düzbucaqlı plitə	Maşınla preslənmiş, yüksək temperaturda bişmiş	Gil, qum	Yüksək sıxlıq, aşınmaya davamlı, aşağı-su udma	İç məkan döşəmələri üçün
Dam plitəsi	Yarım dairəvi və ya düzbucaqlı	Əl və ya maşınla formalaşdırılmış, sobada bişmiş	Gil, qum, bəzən suya davamlı qatqılar	Suya davamlı, hava şəraitinə dayanıqlı	Dam örtüyü üçün nəzərdə tutulub
Fasad dekor plitəsi / Mozaika	Kiçik ölçülü dekorativ plitələr	Əl və ya maşınla hazırlanmış, yüksək temperaturda	Gil, rəngli örtük, bəzək materialları	Estetik, orta möhkəmlik, suya dayanıqlı	Fasad və dekorativ səthlər üçün

Mənbə: <https://granite.az/az/posts/keramika-materiallari/keramika-memulatlari>

Sıxılma möhkəmliyi, su udma, sıxlıq və məsaməlilik ölçülərinin aparılması

İnşaatda ən çox istifadə olunan əsas yerli keramika nümunələri ölçü göstəricili diaqramını hazırladıq (Aliyev, 2020).

Şəkil 1. Adi kərpic



Şəkil 2. Üzlük kərpic



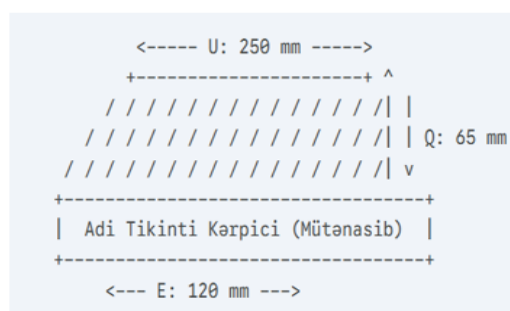
Şəkil 3. Kərəmit dam örtüyü



Fiziki mexaniki xüsusiyyətləri

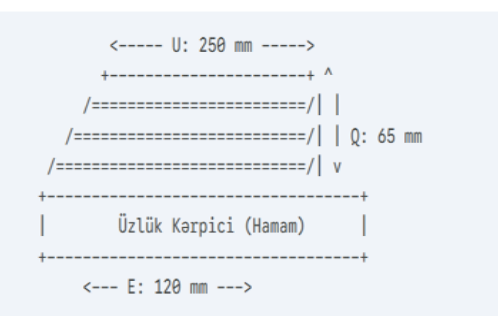
1. Adi tikinti kərpic

GÖSTƏRİCİ	ÖLÇÜ (mm)	QEYD
Uzunluq (U)	250	
En (E)	120	
Qalınlıq (Q)	65	
Həcm (sm ³)	1950	U x E x Q
Təxmini Çəki (kq)	3.5 - 4.2	Marka və sıxlıqdan asılıdır
İstifadə Sahəsi	Divar hörgü işləri	



2. Üzlük Kərpic (Standart)

GÖSTƏRİCİ	ÖLÇÜ (mm)	QEYD
Uzunluq (U)	250	
En (E)	120	
Qalınlıq (Q)	65	
Həcm (sm ³)	1950	Adi kərpiclə eyni ölçü
Təxmini Çəki (kq)	3.2 - 3.8	Adi kərpicdən yüngül ola bilər
İstifadə Sahəsi	Fasadın üzlənməsi	



3. Kərəmit (Yastı növ, ənənəvi)

GÖSTƏRİCİ	ÖLÇÜ (mm)	QEYD
Uzunluq (U)	400	Nominal ölçü
En (E)	250	Nominal ölçü
Qalınlıq (Q)	10 - 15	Orta qalınlıq
İşçi Səth (sm)	~340 x ~210	Örtük zamanı kəşimə nəzərə alınır
İstifadə Sahəsi	Dam örtükləri	



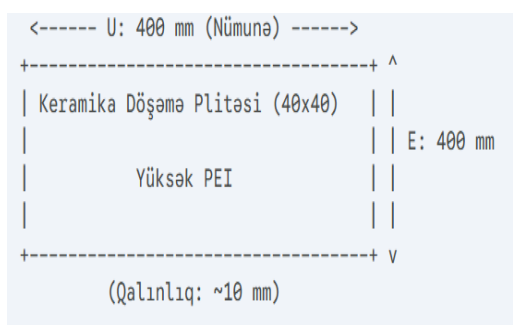
Mənbə: <https://store.astm.org/c0216-19.html?utm>

Keramika döşəmə plitəsi (Standart növ) tikinti və dekorasiya işlərində geniş istifadə olunan əsas materialdır. Onun keyfiyyəti və dayanıqlığı istehsal texnologiyasından birbaşa asılıdır. Standart növ keramika plitələrinin istehsalı bir neçə əsas mərhələdən ibarət olur. Keramika plitəsinin əsas xammalı gil, kaolin, kvars qumu, feldispat və bəzən digər dolduruculardır. İstehsal prosesində yüksək keyfiyyətli xammalın seçilməsi vacibdir, çünki bu, plitənin sıxlığı, möhkəmliyi və səth keyfiyyətinə təsir edir. Xammal nəm vəziyyətinə gətirildikdən sonra onu daha homogen və işlənməyə hazır hala gətirmək üçün əzilmə (mixer, kəsmə və roll mill) prosesi aparılır. Bu mərhələdə plitənin məsaməlilik xüsusiyyətləri və sıxlığı formalaşır (İslamova, 2020).

Formalaşdırma (pressləmə)

Homogen xammal qarışığı, plitənin ölçü və formasını əldə etmək üçün xüsusi presslərdə formalaşdırılır. Standart döşəmə plitələri üçün pressləmə metodları bunlardır: Plitə bir ox boyunca sıxılır. Plitəyə bütün istiqamətlərdə bərabər təzyiq tətbiq olunur. Bu mərhələdə plitələrin qalınlığı, eni və uzunluğu müəyyən edilir. Həmçinin sərtlik və sıxlıq bu mərhələdə əsasən formalaşır. Fırınlanmış plitələrin üzəri bəzən glazur ilə örtülür. Glazur plitənin suya və aşınmaya qarşı müqavimətini artırır, həmçinin rəng və dekorativ görünüş verir. Glazurun qalınlığı və tərkibi plitənin keyfiyyətinə birbaşa təsir edir. Azərbaycan istehsalı keramika döşəmə plitələrinin istehsal prosesi müasir standartlara uyğun yüksək texnologiyalar əsasında qurulub. Məhsulun keyfiyyətini təmin etmək üçün yüksək keyfiyyətli xammal seçimi əsas mərhələlərdən biridir. Xammalın düzgün qarışdırılması, homogenləşdirilməsi və pressləmə prosesi məhsulun forma dəqiqliyini və dayanıqlığını artırır. Növbəti mərhələ olan kontrollu qurutma plitələrin deformasiya riskini minimuma endirir, fırınlama prosesi isə onların sərtliyini, rəng və struktur sabitliyini təmin edir. Bu texnoloji yanaşma nəticəsində istehsal olunan plitələr uzunömürlü və yüksək etibarlıdır (İslamova, 2020). Azərbaycan keramika plitələri həm yaşayış evlərində, həm də ofis, ticarət və sənaye obyektlərində geniş tətbiq olunur. Standart ölçü və dizayn variantları müxtəlif memarlıq tələblərinə cavab verir, eyni zamanda estetik və funksional xüsusiyyətləri ilə seçilir. Müasir tikinti layihələrində Azərbaycan istehsalı plitələr həm iqtisadi, həm də keyfiyyət baxımından optimal seçim sayılır.

GÖSTƏRİCİ	ÖLÇÜ (mm)	QEYD
Uzunluq (U)	300 - 600	Ən çox yayılan diapazon
En (E)	300 - 600	Adətən kvadrat (300x300, 400x400, 600x600)
Qalınlıq (Q)	8 - 12	Normal döşəmə plitəsi üçün
PEI Dərəcəsi	III - IV	Aşınmaya davamlılıq (Orta - Yüksək)
İstifadə Sahəsi	Daxili/Xarici döşəmələr	



Mənbə: <https://kiramitchi.az/en/locally-produced-azerbaijani-tiles-a-synthesis-of-quality-tradition-and-modern-technologies>

İnşaatda istifadə edilən keramika materiallarının xassələri

Cədvəl. Adi keramikanın xassələr

Xassə Növü	Xassələr və Təsviri
Mexaniki Xassələr	Sərtlilik - Yüksək, lakin dəmir kimi elastik deyil. Qırılma möhkəmliyi: Mexaniki təsirlərə qarşı nisbətən dayanıqlıdır, lakin güclü zərbələrdə sınır. Sıxlıq təxminən 1,8–2,2 q/sm ³ (kərpicin növündən asılı olaraq).
Fiziki Xassələr	Su udma qabiliyyəti: 10–20% (qırmızı kərpic) İstiyə davamlılıq - 800–1000 °C-ə qədər, odadavamlıdır. Səs və istilik izolyasiyası - Divar üçün yaxşı izolyasiya təmin edir.
Kimyəvi Xassələr	Kimyəvi dayanıqlıq Əksər turşulara və qələvilərə qarşı dayanıqlıdır. Korroziv təsirə qarşı davamlılıq: Su və atmosfer təsirlərinə qarşı dayanıqlıdır; duzlu su ilə uzun müddət təmasda səthində əhənglənmə ola bilər.
Texnoloji Xassələr	Formalaşdırma və bişirmə: Gil xammalı torpaqdan hazırlanır, 900–1000 °C-də sobada bişirilir Uzunömürlülük: 50–100 il və daha çox xidmət edə bilər.
Estetik Xassələr	Rəng: Qırmızı, narıncı və ya qəhvəyi (gilin tərkibindən asılı olaraq). Səth: Hamarlıq səviyyəsi istehsal texnologiyasına görə dəyişir, bəzi kərpiclər daha dekorativ olur.

Mənbə: <https://kiramitchi.az/en/locally-produced-azerbaijani-tiles-a-synthesis-of-quality-tradition-and-modern-technologies/?utm>

Cədvəl. Üzlük Kərpic (Standart) xassələri

Xassə Növü	Xassələr və Təsviri
Mexaniki Xassələr	Sərtlilik: Yüksək, lakin dəmir kimi elastik deyil. Qırılma möhkəmliyi - Mexaniki təsirlərə qarşı orta dayanıqlıdır; güclü zərbələrdə sınma ehtimalı var. Ölçü sabilliyi: Standart üzlük kərpicinin ölçüləri sabitdir, montajda düzgünlük təmin edir.
Fiziki Xassələr	Su udma qabiliyyəti: 8–15% (gilin keyfiyyətindən və bişirmə temperaturundan asılıdır). İstiyə davamlılıq - 900–1000 °C-ə qədər davamlıdır. Səs və istilik izolyasiyası: Üzlük kərpic divar səthində izolyasiya funksiyasını təmin edir.
Kimyəvi Xassələr	Kimyəvi dayanıqlıq: Əksər turşulara və qələvilərə qarşı davamlıdır. Atmosfer təsirlərinə davamlılıq: Yağış, külək və temperatur dəyişikliklərinə qarşı dayanıqlıdır.
Estetik Xassələr	Rəng: Qırmızı, narıncı və ya qəhvəyi (gilin tərkibinə görə). Səth: Hamarlıq və dekorativ görünüş üçün nəzərdə tutulmuşdur, divarın üzlənməsi üçün idealdır.
Texnoloji Xassələr	Formalaşdırma və bişirmə: Gil torpaqdan hazırlanır, formalaşdırılır və 900–1000 °C-də bişirilir. Montaj rahatlığı: Ölçü və səth keyfiyyəti sayəsində divara düzülməsi asandır. Uzunömürlülük: Düzgün istifadədə 50 ildən çox xidmət edə bilər.

Mənbə: <https://kiramitchi.az/en/locally-produced-azerbaijani-tiles-a-synthesis-of-quality-tradition-and-modern-technologies/?utm>

Kirəmit (Yastı növ, ənənəvi) xüsusiyyətləri

Xassə Növü	Xassələr və Təsviri
Mexaniki Xassələr	Sərtlilik: Yüksək, lakin elastik deyil Qırılma möhkəmliyi orta səviyyədə; güclü zərbələrdə sınma ehtimalı var. Ölçü stabilliyi: Standart ölçülər, montaj zamanı uyğunluq təmin edilir.
Fiziki Xassələr	Su udma qabiliyyəti 10–15% (gil və bişirmə texnologiyasından asılıdır). İstiyə davamlılıq: 800–1000 °C-ə qədər davamlıdır. Səs və istilik izolyasiyası: Dam örtüyü üçün müəyyən izolyasiya təmin edir.
Kimyəvi Xassələr	Kimyəvi dayanıqlıq turşulara və qələvilərə qarşı davamlıdır. Atmosfer təsirlərinə davamlılıq: Yağış, külək və temperatur dəyişikliklərinə qarşı dayanıqlıdır.
Estetik Xassələr	Rəng: Qırmızı, narıncı və ya qəhvəyi (gilin tərkibindən asılı olaraq). Səth: Yastı, düz səthli, ənənəvi estetik görünüş verir.
Texnoloji Xassələr	Formalaşdırma və bişirmə: Gil torpaqdan hazırlanır, formalaşdırılır və 900–1000 °C-də bişirilir. Montaj rahatlığı: Yastı forması sayəsində dam örtüyündə düzülməsi asandır. Uzunömürlülük: Düzgün istifadədə 30–50 il və daha çox xidmət edə bilər.

Mənbə: <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.07315>

Adi kərpic əsasən struktur və divar tikintisi üçün nəzərdə tutulub, mexaniki və fiziki dayanıqlığı ön plandadır. Üzlük kərpic isə həm dayanıqlı, həm də dekorativ məqsədli, səthi daha hamarlıq və gözəl görünüş təmin edən keramika növüdür. Yəni, Üzlük kərpic həm funksional, həm estetik, həm də texnoloji üstünlüklərə malikdir (Həsənov, 2018).

KƏRPİCİNİN QURU VƏZİYYƏTİNDƏ XÜSUSİYYƏTLƏRİ

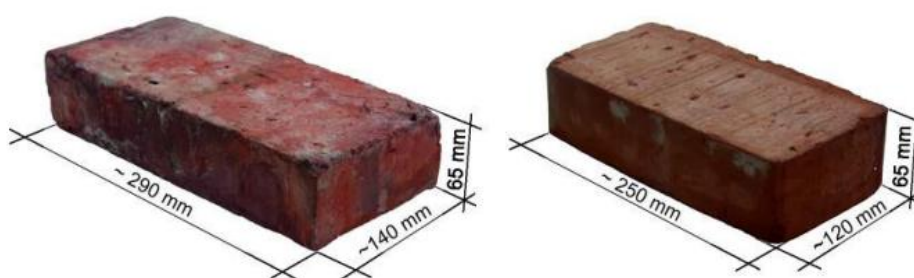
Makroskopik və mikroskopik müşahidələr

Testlər üçün iki növ keramika kərpic seçilmişdir, yəni 19-cu əsrdə istehsal olunmuş kərpiclər (tarixi HB kərpic) və müqayisəli material kimi müasir kərpiclər (müasir MB kərpic). Nümunəvi HB və MB kərpiclərinin şəkilləri, eləcə də onların tipik makrostruktur təsvirləri Şəkil 1-də göstərilmişdir. Tarixi kərpiclərin xarakterik xüsusiyyəti onların heterojenliyi idi. HB kərpiclərində, bişmiş komponentlərin yaxşı dərəcədə homogenləşməsinə malik olan sahələr, həmçinin homogenləşdirilməmiş xammalın şəffaf təbəqələrini görmək mümkün olan sahələr mövcud idi. Bundan əlavə, HB kərpiclərində diametri bir neçə mm-ə qədər olan məsamələr və diametri 2 ilə 10 mm arasında dəyişən xırdalanmamış komponentlərin (əsasən qum, çınqıl və əzilmiş kərpic qalıqları) daxilolmaları mövcud idi (Həsənov, 2018).

MB materialı daha yaxşı xammalın homogenləşməsi və buna görə də bütün kərpic həcmində daha böyük material vahidliyi ilə xarakterizə olunur. Ümumiyyətlə, daxilolma dənəciklərinin diametri 1 mm-dən çox olmamışdır. Mikrostrukturun müşahidələri Zeiss EVO 10 skanlama mikroskopunda, dəyişkən təzyiqli ikincil elektron aşkarlama (VPSE) və dəyişkən vakuumda arxa səpəlmə aşkarlama (BSD) əsasında aparılmışdır. Test nümunələri sınıqlar və cilalanmış

hissəciklər şəklində hazırlanmışdır. Müşahidə olunan səthlər sınaqdan əvvəl örtüklənmədən əvvəl lillli hissəciklərdən təmizlənmişdir. Test edilmiş materialların SEM şəkilləri Şəkil 2 və 3-də göstərilmişdir. Mikrostruktur müşahidələri göstərdi ki, sınaqdan keçirilmiş materialların hər birinin əsas komponenti olan alüminosilikatların morfologiyası müxtəlifdir. MB materialında minerallar HB-də mövcud olan minerallarla müqayisədə daha incə kristallik idi. Bunun ilkin ilə əlaqəli olduğunu güman etmək olar (Məmmədov, 2019)

Şəkil 1. Sınaqdan keçirilmiş HB və MB kərpiclərinin görünüşü (soldan)

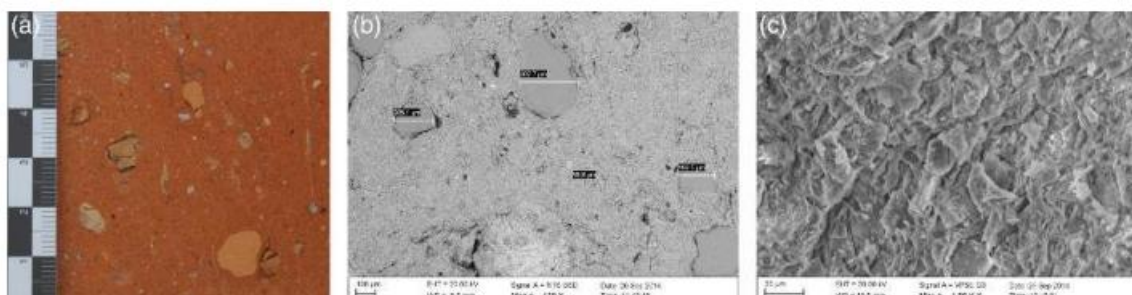


Mənbə: *Materiales de Construction* 66 (323), iyul-sentyabr 2016, <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.07315>

Keramik kərpiclərinin mexaniki xüsusiyyətlərinə su doymasının təsiri

Şəkil:2. HB kərpicinin makrostrukturunu və mikrostrukturunu (soldan)

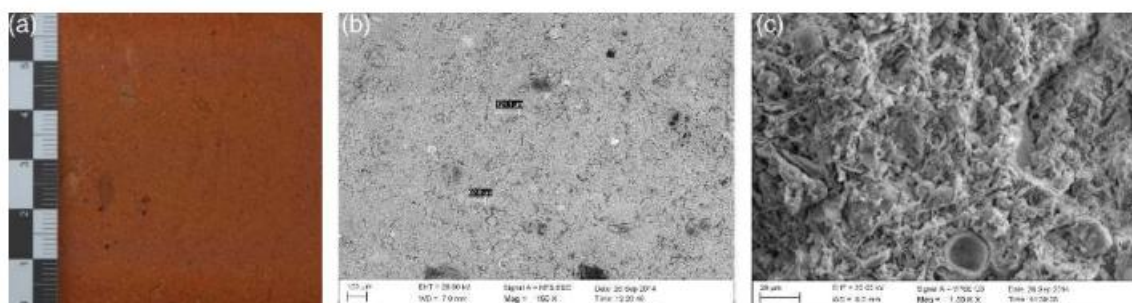
a) maq. 2× b) maq. 150× c) maq. 1500×



Mənbə: <https://scispace.com/pdf/the-influence-of-water-saturation-on-mechanical-properties-22mh3oojxu.pdf>

Şəkil 3. MB kərpicinin makrostrukturunu və mikrostrukturunu (soldan)

a) maq. 2× b) maq. 150× c) maq. 1500×



Mənbə: <https://scispace.com/pdf/the-influence-of-water-saturation-on-mechanical-properties-22mh3oojxu.pdf>

Bu gün istehsal olunan kərpiclər tez-tez tərkibində silisium qumu və ya xırdalanmış kərpic qırıntıları əvəzinə xammal temperləmə materialı kimi uçucu kül ehtiva edir. Bu əlavə çox incə dənəlidir (çox vaxt toz şəklində). Onun mövcudluğu müasir keramika kərpiclərində teksturanın möhürlənməsinə səbəb olur və qum və ya qırıntı kərpic əlavələrindən daha böyük daxilolma dənələrinin əmələ gəlməsini azaldır. Uçucu külün mövcudluğu müasir kərpiclərin (MB) SEM tədqiqatında müəyyən edilmiş sferik formalarla nümayiş etdirilmişdir. Fazalı kontrasta əsaslanan 150x böyütmə ilə əldə edilən HB kərpiclərinin mikroskopik təsviri kvars qumunun doldurucu (temperləşdirmə materialı) kimi mövcudluğunu göstərdi. Keramika materialının heterojenliyi və kəsilməzliyi çatlar şəklində mövcud idi (Məmmədov, 2019)

Faza tərkibi

Faza tərkibinin sınaqları müvafiq olaraq Philips PW 1140 avadanlığında difraktometrik XRD ilə aparılmışdır. Təhlil PDF2 məlumat bazası ilə X'Pert Highscore dəstək proqramından istifadə etməklə aparılmışdır. Əldə edilən nəticələr Cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Sınaqdan keçirilmiş hər iki növ keramika kərpicinin faza tərkibi müxtəlif olmuşdur. XRD analizinin nəticələrinə əsasən məlum olmuşdur ki, HB materialında mövcud olan əsas mineral kvarsdır. Bu, qum və ya xırdalanmış materialın tətbiqinin nəticəsidir (Smith, 1991).

Cədvəl. Test edilmiş materialların fazalı tərkibi

Faza	Kərpic HB	Kərpic MB
	Kütlənin tərkibi [%]	
Quarz	70.3	35.9
Albit	-	39.4
Mikroklin	10.8	-
Mullit	-	17.5
Anortoklaz	16.5	-
Hematit	-	6.1
Halloysit /slyuda	24	-
Gips	-	1.1

Mənbə: <https://scispace.com/pdf/the-influence-of-water-saturation-on-mechanica>

Kərpic qalıqları temperləmə materialı kimi. Digər kristal komponentlər mikroklin və anortoklazdır. Mullitin olmaması atəş temperaturunun 1000 °C-dən aşağı olduğunu göstərdi. MB materialında dominant kristal faza albit, daha sonra isə kvars və mullit idi. HB materialı ilə müqayisədə daha aşağı kvars tərkibi hazırda istifadə olunan silisium qumu yerinə fərqli, temperləmə mineral əlavələrinin nəticəsidir. MB kərpiclərində mullitin olması, 1000 °C-dən yuxarı atəş temperaturunu, eləcə də kristal tərkib hissələrindən biri mullit olan uçucu külün mövcudluğunu göstərə bilər. Hər iki materialın faz tərkibinin sınaqlarında yanmamış gil minerallarının mövcudluğu təsdiqlənməmişdir (Kilkis, 2020).

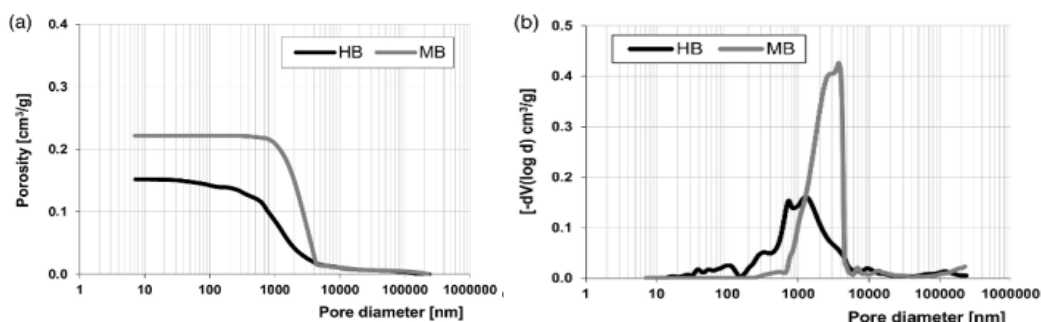
Fiziki xüsusiyyətlər

Cədvəl: HB və MB kərpiclərinin fiziki xüsusiyyətləri

Parametrlər	Kərpic MB	Kərpic HB
Quarz [g/cm ³]	1.73	1.45
Albit [g/cm ³]	2.710	2.713
Mikroklin [%]	16.8	28.1
Mullit [%]	32.2	40.7
Anortoklaz [%]	36.2	46.5
Hematit [%]	34.8	39.1
Halloysit /slyuda [%]	1.4	7.4
Gips [%]	1.5	7.8

Mənbə: <https://pdfs.semanticscholar.org/dc20/9ac9904a1f263f7f47deb9540a5baf92944.pdf?utm>

Sxem: HB və MB kərpiclərində keramika materialının məsaməliliyinin kümülatif (a) və populyasiya (b) ayrıləri verilmişdir



Mənbə: Materiales de Construcción 66 (323), iyul-sentyabr 2016, e095. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.07315>

Dünyada və Azərbaycanda keramika sənayesinin inkişaf tendensiyaları

Dünyada keramika sənayesinin inkişaf tendensiyalarına nəzər salsaq. Qlobal keramika bazarının həcmi 2025-ci ildə təxminən 131,4 milyard ABŞ dolları qiymətləndirilir və 2036-cı ilə qədər $\approx 233,5$ milyard dollar-a qədər böyüyəcəyi proqnozlaşdırılır. Başqa bir mənbəyə görə, tikinti, səhiyyə, məişət və digər sahələrdə artan tələb bazarı 2029-cu ilə qədər 5-6 % illik orta artımla genişləndirilməsi nəzərdə tutulur. (Galloway P., Goodman R. 2016)

Ənənəvi + “advanced” keramika arasında balans yüksək texnologiyalı keramikanın artımı. Ənənəvi keramika (kafel, tikinti materialları, məişət qabları və s.) bazarın böyük hissəsini təşkil edir; ənənəvi keramika ümumi tələbatın $\sim 56\text{--}58\%$ -ni təşkil edir. Eyni zamanda “müasir/ keramika” elektronika, səhiyyə, aerokosmik, termo-mühafizə, avtomobil və digər yüksək texnologiyalı sahələr üçün keramik materiallar sürətlə populyarlıq qazanır. Məsələn, biokeramika (tibbi implantlar), yüksək möhkəmlikli oksid və qeyri-oksid keramikalar və s. kimi materialların istifadəsi artmaqdadır (<https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/ceramics-market-120859?utm>).

Tikinti sektoru ölkənin inkişafını sürətləndirən əsas amildir. Qlobal infrastrukturun genişləndirilməsi, urbanizasiya və yeni tikinti layihələri keramika (xüsusilə kafel, plitə, keramika

boru, fayans, sanitariya keramika və s.) materiallarına tələbatı artırır. Beləliklə, keramika bazarında kafel/plitə seqmenti bazarın ən böyük hissəsini – ~ 38 % təşkil edir.

Texnologiya və innovasiyanın rolu yeni materiallar və istehsal üsulları

Advanced keramika istehsalında yeni materialların (məsələn, yüksək performanslı oksid və qeyri-oksidi keramika) tətbiqi genişlənir. İnfrastruktur Böyüməsi, Qabaqcıl Material İnnovasiyası və Davamlı İstehsal Tələbi Artırdığı üçün Qlobal Keramika Bazarı 2033-cü ilə qədər 406,8 milyard ABŞ dollarına çatacaq.

Bundan başqa, “yüksək texnologiyalı” sahələr səhiyyə (biokeramika), elektronika, aerokosmik sektor, enerji keramikanın ənənəvi tikinti və məişət tətbiqlərindən kənara çıxmasını təmin edir. Qlobal keramika sənayesi həm ənənəvi, həm də yüksək texnologiyalı keramika məhsullarına artan tələbat hesabına sürətlə genişlənir. Tikinti sektorundakı urbanizasiya və infrastruktur layihələri bazarın əsas hərəkətverici qüvvəsi olaraq qalır və kafel/plitə seqmentinin dominant mövqeyini qoruyur. Eyni zamanda elektronika, səhiyyə, aerokosmik və enerji kimi sahələrdə “advanced” keramika materiallarına olan ehtiyac sektoru daha yüksək tempdə böyüməyə aparır. İnnovativ materialların və istehsal texnologiyalarının tətbiqi bazarın ümumi dəyərini önümüzdəki illərdə əhəmiyyətli dərəcədə artıracaq və keramikanın tətbiq sahələrini daha da genişləndirəcək. Azərbaycanda keramika (və tikinti materialları) sahəsinin son vəziyyəti və tendensiyaları İstehsalın ümumi tikinti materiallarında artımı 2024-cü ildə Azərbaycanda tikinti materiallarının istehsalı 2023 ilə müqayisədə $\approx 35\%$ artıb. Bu artıma sement, klinker, bəzək üzlükləri, kərpic, beton elementləri və s. sahələrdə də artım daxildir (<https://fed.az/az/statistika/2023-cu-ilde-azerbaycanda-tikinti-materiallarinin-istehsalı-32-artıb-189592?utm>).

Keramika və keramika məmulatlarına hələ də yüksək xarici asılılıq idxalın böyük payı.

Azərbaycanda keramika və digər tikinti materialları sənayesində son illər müşahidə olunan inkişaf meyillərinə baxmayaraq, daxili tələbatın tam təmin edilməsi hələlik mümkün olmamışdır. Nəticədə, keramika məhsulları, üzlük plitələri, fayans və sanitariya-texniki keramikalar kimi məhsulların əhəmiyyətli bir hissəsi xarici bazarlardan, xüsusən də Hindistan kimi ölkələrdən idxal olunmaqdadır. Bu proses yerli bazarda rəqabətin formalaşmasına və istehlakçılar üçün daha geniş seçim imkanlarının yaranmasına səbəb olur. Eyni zamanda, ölkədə keramika sənayesində ixrac yönümlü istehsalın artması qeyri-neft sektorunun diversifikasiyası baxımından mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Son dövrdə yerli istehsalçılar məhsullarını yalnız daxili bazar üçün deyil, həm də xarici bazarlara ixrac məqsədilə istehsal etməyə başlamışlar. Bu çərçivədə Avropa və Asiya bazarlarının

tələblərinə uyğunlaşmaq məqsədilə beynəlxalq sərgilərdə iştirak, məhsul dizaynının təkmilləşdirilməsi və keyfiyyət standartlarının yüksəldilməsi istiqamətində fəaliyyət gücləndirilmişdir. Xüsusilə Gürcüstan kimi yaxın regional bazarlara çıxış imkanları ixrac strategiyasının əsas hədəflərindən biri hesab olunur.

Bununla belə, yerli keramika və üzlük materiallarının keyfiyyət göstəriciləri bəzi hallarda idxal olunan məhsullarla müqayisədə geri qalır ki, bu da bazarda idxaldan asılılığın yüksək olaraq qalmasına gətirib çıxarır. Qlobal keramika sənayesinin həm ənənəvi, həm də yüksək texnologiyalı keramika istiqamətləri üzrə sürətli genişlənməsi fonunda Azərbaycanın bu sahədə rəqabət qabiliyyətinin artırılması üçün istehsal texnologiyalarının modernləşdirilməsi, standartlaşdırma prosesinin gücləndirilməsi və innovativ həllərin tətbiqi xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Nəticə etibarilə, yerli istehsalçıların “keyfiyyət dizayn beynəlxalq standartlara uyğunluq ixrac yönümlülük” prinsipini davamlı şəkildə inkişaf etdirməsi keramika sənayesinin ölkənin qeyri-neft sektorunda strateji istiqamətə çevrilməsinə, həm də ixrac potensialının əhəmiyyətli dərəcədə yüksəlməsinə töhfə verə bilər (Asatov, 2020).

Cədvəl: Qlobal və Azərbaycan üzrə bəzi açar göstəricilər statistik proqnozu

Azərbaycan tikinti materialları istehsalı	Statistik göstərici	Qeyd
2019 (yanvar-aprel) tikinti materiallarının ümumi dəyəri ~240,1 milyon manat olmuşdur.	Bu dövrdə kərpic istehsalı 69,8 % artıb.	İlk əldə olunan müasir hesabatlardan biridir.
2018 planlaşdırılan istehsal həcmi ~ 714,4 milyon manat idi	Proqnozda 2019 - 778 mln manat, 2020 – 867,3 mln manat, 2021 - 928.1 mln manat, 2022 - > 1 milyard manatlayıq idi.	Bu proqnozlar göstərirdi ki, tikinti materialları istehsalında daimi artım gözlənilir.
2022 (yanvar-noyabr) tikinti materiallarının ümumi dəyəri 994.9 milyon manat olmuşdur.	Bu, 2021-ə nisbətən artım deməkdir.	Tikinti sektorunda canlanma müşahidə edilmişdir.
2023 istehsal həcmi 1,180.3 milyon manat olmuşdur, yəni 2022-yə nisbətən ~ 31.8% artım	Sement, gips, beton, şüşə və s. sahələrdə artım; bəzən beton konstruksiyalar və kərpicdə azalma	Bu, tikinti materiallarına ümumi tələbin artdığını göstərir.
2024 tikinti materialları istehsalında yenə artım: yanvar-avqust dövründə dəyər 908.6 milyon manat olmuşdur, əvvəlki ilə nisbətən ~ 23% artım	Sement, beton, gips, şüşə istehsalı artıb; bəzi kateqoriyalarda sabitlik/azalma olub.	Bu tendensiya davamlıdır.

Mənbə: https://fed.az/az/statistika/2023-cu-ilde-azerbaycanda-tikinti-materiallarinin-istehsalı-32-artıb-189592?utm_source

Keramika materiallarının mexaniki xassələrinin öyrənilməsi

Keramika materialları (oksidlər, nitridlər, karbidlər, silikatlar və s.) yüksək möhkəmlik, sərtlilik və istiliyə davamlılıq kimi üstün xüsusiyyətlərə malik olsa da, həm də kövrəklikləri ilə seçilir. Bu səbəbdən onların mexaniki xassələrinin tədqiqi xüsusi yanaşma tələb edir.

Keramika materialları sərt, dayanıqlı və kövrək xüsusiyyətlərə malikdir. Onların mexaniki xassələri materialın davranışını və tətbiq sahələrini müəyyən edir. Keramikanın sərtliyi yüksəkdir və cızıqlara, aşınmaya və lokal deformasiya qarşı müqavimət göstərir. Sərtlik adətən Vickers, Knoop və ya Rockwell testləri ilə ölçülür və dənəcik ölçüsü, faza tərkibi və məsaməlilikdən asılıdır. Keramikanın əyilmə möhkəmliyi onun gərginlik altında sınmadan dayana biləcəyi maksimum yükü göstərir (Asatov, 2020). Əyilmə testləri (3-nöqtəli və 4-nöqtəli) vasitəsilə ölçülür və çatlar, məsamələr kimi qüsurlar möhkəmliyə ciddi təsir göstərir. Sıxılma möhkəmliyi isə keramikanın sıxılmaya qarşı çox dayanıqlı olduğunu göstərir, lakin çəkilməyə qarşı zəifdir.

Bu xüsusiyyət keramikanı yüksək yük altında işləyən struktur material kimi istifadə etməyə imkan verir. Keramika çox sərt olduğuna görə elastiklik modulu (Young's modulus) yüksəkdir. Bu göstərici materialın deformasiya və gərginlik paylanmasını qiymətləndirməyə imkan verir. Elastiklik modulu ultrasəs, əyilmə testləri və nanoindentasiya üsulları ilə ölçülür. Keramikanın qırılma möhkəmliyi (fracture toughness) çatların yayılmasına qarşı müqavimətini göstərir. Material kövrək olduğundan qırılma möhkəmliyi onun əsas məhdudiyyətlərindən biridir və SENB və ya Indentation Fracture Method kimi üsullarla qiymətləndirilir. Keramika çox az plastik deformasiya göstərir və yük altında ani qırılır, bu isə onun kövrəkliyini (brittleness) göstərir. Bundan əlavə, keramika yüksək temperatur və termal gərginliklərə qarşı dayanıqlıdır və termal şoklara qarşı müqaviməti onun yüksək temperatur elementləri və sənaye tətbiqlərində istifadəsini təmin edir. Ümumilikdə, keramika sərt, sıxılmaya davamlı, lakin kövrək və zəif çəkilməyə qarşı olan materialdır. Bu xassələr onun kəsici alətlər, biokeramika, zirehli sistemlər və yüksək temperatur elementlərində geniş tətbiqini izah edir (Asatov, 2020).

NƏTİCƏ

Aparılmış tədqiqat göstərdi ki, Azərbaycan istehsalı olan keramika inşaat materialları-kərpiclər, plitələr və müxtəlif keramika blokları fiziki və mexaniki xassələr baxımından tikinti sahəsində istifadəyə yararlıdır. Laboratoriya sınaqları və ədəbiyyat icmalığı göstərdi ki, yerli keramika nümunələrinin sıxlıq, porozluq, su-udma qabiliyyəti, sıxılma möhkəmliyi və şaxtaya qarşı davamlılıq göstəriciləri müxtəlif istehsal partiyalarına görə fərqlilik göstərsə də, bir çox nümunələr beynəlxalq standartlara uyğun səviyyədədir. Keramika döşəmə plitəsinin keyfiyyəti əsasən yüksək keyfiyyətli gil, kaolin, kvars qumu və feldspatın düzgün seçimi və homogen qarışdırılması ilə bağlıdır. Presləmə, qurutma və fırınlama mərhələləri məhsulun ölçü dəqiqliyi, sıxlıq və mexaniki dayanıqlığını müəyyən edir. Glazur səthi suya və aşınmaya qarşı müqaviməti artırır və dekorativ görünüş verir. Plitələr səth baxımından hamardır, ölçüləri sabitdir, rəng və dekorativ görünüş

baxımından estetikdir. Səthin qalınlığı və glazur qatı məhsulun keyfiyyətini və uzunömürlülüyünü artırır. Struktur sıx, məsaməlik səviyyəsi azdır; keramika kristal strukturu yüksək temperaturda fiksasiya olunur. Ümumilikdə, Azərbaycan keramika sənayesində istehsal olunan materialların fiziki və mexaniki xüsusiyyətlərinin sistemli şəkildə öyrənilməsi tikinti sektorunda etibarlılığın, enerji səmərəliliyinin və yerli istehsalın inkişafının təmin olunmasına mühüm töhfə verir.

ƏDƏBİYYAT

- 1.Asatov, N. (2021). Concrete construction with complex additives. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1030(1), 012014. IOP Publishing.
- 2.M.R. Aliyev, Academy, (2020) Experimental Determination of Dynamic Properties of Brick School Buildings M, No. 11 (62)
3. N.U. Asatov, (2020). Bina və Quruluşların Tikintisində Müasir Texnologiyaların Rolü (63)
- 4., N.A. İslamova, Akademiya, (2020) Tikinti Konsepsiyası. Bina və Quruluşların Dizayn Xüsusiyyətləri №12 (63)
5. Həsənov F.T. (2018) Tikinti Materialları və Strukturların Dayanıqlılığı. Səh, 300
6. Məmmədov R.A. (2019) Müasir Bina və Quruluşların Dizayn Prinsipləri. Səh, 250
- Ching F.D.K. Building Construction Illustrated. 6th Edition, Wiley, 2014.
7. Allen E., Iano J. Fundamentals of Building Construction: Materials and Methods. 6th Edition, Wiley, 2019.
8. Smith P.F., Coull A. Tall Building Structures: Analysis and Design. Wiley, 1991.
9. Kilkis S. Sustainable Building Design: Principles and Practice. Routledge, 2020.
10. Galloway P., Goodman. Architectural Design and Construction Handbook. McGraw-Hill, 2016.
11. https://fed.az/az/statistika/2023-cu-ilde-azerbaycanda-tikinti-materiallarinin-istehsali-32-artib-189592?utm_source
12. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.07315>
13. <https://scispace.com/pdf/the-influence-of-water-saturation-on-mechanica>
14. <https://scispace.com/pdf/the-influence-of-water-saturation-on-mechanical-properties-mh3oojxu.pdf>
15. <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2016.07315>
16. <https://granite.az/az/posts/keramika-materiallari/keramika-memulatlari>
17. <https://pdfs.semanticscholar.org/dc20/9ac9904a1f263f7f47deb9540a5baf92944.pdf?utm>
18. <https://kiramitchi.az/en/locally-produced-azerbaijani-tiles-a-synthesis-of-quality-tradition-and-modern-technologies/?utm>

SUMMARY

This article examines in detail the physical and mechanical properties of ceramic construction materials produced in Azerbaijan. The main objective of the study is to compare the quality indicators of various ceramic products produced in our country with international standards, as well as to determine the optimal conditions for their use in the construction industry. Ceramic construction materials, especially bricks and tiles, are widely used in construction work, and their quality is of particular importance in terms of both the durability and longevity of the structure. Therefore, it is important to analyze the physical and mechanical indicators of domestically produced products and determine their compliance with international standards. As part of the study, systematic laboratory experiments were conducted on various types of ceramic materials. Among the analyzed samples were the most commonly used ceramic bricks, ceramic tiles and technical ceramic products. One of the important indicators of these materials is compressive strength, which indicates their ability to deform under load and structural stability in the structure. Physical properties such as water absorption, density, porosity and frost resistance were also studied. Water absorption determines the performance of the material, especially in humid environments, since high water absorption can lead to rapid damage to the material in frost and freezing conditions. Porosity and density indicators provide information about the lightness, thermal conductivity and mechanical strength of the material.

Keywords: *Azerbaijani ceramics, construction materials, physical and mechanical properties, compressive strength, porosity, density, technical ceramics*

JEL Classification Codes : L60, O31, Q53