

Огнеупоры — материалы и изделия преимущественно на основе минерального сырья, обладающие огнеупорностью не ниже 1580 °С. Различают изделия огнеупорные (огнеупорность 1580-1770 °С), высокоогнеупорные (1770-2000 °С) и высшей огнеупорности (св. 2000 °С).

ТИПЫ И ВИДЫ ОГНЕУПОРОВ

Алюмосиликатные огнеупоры (alumina-silica refractories) - огнеупоры, изготовленные преимущественно из Al_2O_3 и SiO_2 . Алюмосиликатные огнеупоры подразделяют на полуокислые (14-28% Al_2O_3), шамотные (28-45%), высокоглиноземистые (49-95%) и применяют во многих тепловых агрегатах.

Безобжиговые огнеупоры (unburned refractories) - изделия из огнеупорных материалов и связки, приобретают требуемые свойства при сушке < 400 °С (после нагрева изделий от 400 до 1000 °С их называют термообработанными). Связкой могут быть глины, керамические суспензии, растворы фосфатов, щелочные силикаты (жидкое стекло), смолы термopластичные и терморeактивные, эластомеры и другие безобжиговые огнеупоры по прочности и пластичности не уступают, а по термостойкости превосходят обожженные огнеупоры. Наиболее широко применяют следующие безобжиговые огнеупоры: кремнеземистые бетонные блоки (для нагревательных колодцев), шамот и высокоглиноземные (для обжиговых агрегатов), магнезиальноизвестковые на смоляной (пековой) связке (для сталеплавильных конвертеров) периклазовые и периклазохромитовые (для сталеразливочных стаканов), магнезиальные в стальных кассетах.

Бескислородные огнеупоры (non-oxygenous refractories) - огнеупоры, изготовленные из тугоплавких бескислородных соединений: карбидов, нитридов, боридов, силицидов, сульфидов. Технология бескислородных огнеупоров включает приготовление порошков бескислородных соединений, формование из них изделий с добавлением связки и последующий обжиг при высоких температурах. Применение бескислородных огнеупоров при высоких температурах в окислительной атмосфере ограничено.

Волокнистые огнеупоры (fibrous refractories) - теплоизоляционные, состоящие из волокон огнеупоры в виде формованных (плиты, блоки, листы и др.) с неорганической или органической связкой и неформованных (вата, войлок и др.) изделий. Волокнистые огнеупоры изготовляют преимущественно из высоко-глиноземного и глиноземного стекловолокна и из корундового, поликристаллического волокна, а также из ZrO_2 и др. оксидов.

Волокнистые огнеупоры применяют для теплоизоляции и футеровки тепловых агрегатов, а также для заполнения компенсационных швов.

Высокоглиноземистые огнеупоры (high-alumina refractories) - алюмосиликатные огнеупоры, содержащие > 45% Al_2O_3 . Высокоглиноземистые огнеупоры подразделяются на муллитокремнеземистые (МКР, 45-62% Al_2O_3), муллитовые (МЛ, 62-72%) и муллитокорундные (МК, 72-90%). Изделия МКР изготавливают на основе шамота из бокситов, глин и бокситов, а также концентратов высокоглиноземистых алюмосиликатов, МЛ и МК - на основе технического глинозема, электрокорунда, маложелезистых бокситов, богатых глиноземом.

Высокоглиноземистые огнеупоры применяют для футеровки сталеразливочных, промежуточных и чугуновозных ковшей, скользящих затворов ковшей, сводов электродуговых печей, лещади и горна домен, печей, воздухонагревателей нагревательных печей и др. тепловых агрегатов с рабочей температурой выше 1300-1350 °С, а также в качестве стаканов для разливки стали, трубок для термopар и др. Неформованные высокоглиноземистые

огнеупоры типа МЛ и МК применяют в виде набивных масс (для сталеразливочных ковшей), заполнителей огнеупорных бетонов, мертелей и т.п.

Высокоглиноземистые (корундовые) огнеупоры (high-alumina (corundum) refractories) - огнеупоры, содержащие > 95% Al_2O_3 . Корундовые огнеупоры изготавливают из порошков электроплавкого корунда и технического глинозема, формуют разными способами и обжигают при 1600-1750°C. Корундовые огнеупоры применяют в агрегатах с рабочей температурой до 1750-1800°C, они обеспечивают необходимую стойкость в условиях контакта со шлаком, жидким металлом, расплавом стекла, щелочами и кислотами. Из корундовых огнеупоров изготавливают корундовые плиты для шиберных затворов сталеразливочных ковшей, изделия для футеровки камер вакууматоров стали, насадки высокотемпературных воздухонагревателей, чехлы термопар, тигли для плавки стекол, металлов и др. Неформованные корундовые огнеупоры - мертели и бетоны с корундовым заполнителем применяют для футеровки патрубков вакууматоров стали, а массы и обмазки - для изготовления и ремонта огнеупорных футеровок с рабочей температурой > 1700°C.

Динасовые огнеупоры (silica refractories) - см. кремнеземистые огнеупоры.

Известковопериклазовые (доломитовые) огнеупоры (lime-periclase (dolomite) refractories) - огнеупоры, изготовленные из доломита, в т.ч. с добавлением периклазового порошка с массовой долей MgO - 10-50% и CaO - 45-85%. Безобжиговые известковопериклазовые огнеупоры изготавливают формованием порошков обожженного доломита на органической связке (каменноугольная смола, пекбез или с термической обработкой при 300-600°C); огнеупорность их > 2000°C. Изготавливают также известковопериклазовые огнеупоры, обожженные при 1500-1750°C и сохранившие частично свободные CaO . Известковопериклазовые огнеупоры устойчивы при взаимодействии с основными шлаками. Безобжиговые известковопериклазовые огнеупоры применяют для футеровки сталеплавильных конвертеров, а обожженные известковопериклазовые огнеупоры - сталеплавильных печей, сталеразливочных ковшей и т.п. Используют неформованные известковопериклазовые огнеупоры (массы из обожженного доломита со связкой) для набивки блочных и монолитных футеровок электросталеплавильных печей, конвертеров, сталеразливочных ковшей и др.

Карбидкремниевые огнеупоры (silicon-carbide refractories) - огнеупоры, изготовленные на основе SiC (> 70%). Карбидкремниевые огнеупоры применяют для изготовления муфелей, рекуператоров, чехлов термопар и др.; футеровки электрических нагревательных колодцев, агрегатов производства цинка и алюминия, циклонов трубопроводов и т.п. Карбидкремниевые огнеупоры на нитридной и оксинитридной связке используют также для футеровки нижней части шахты домен, печей. Неформованные карбидкремниевые огнеупоры применяют для покрытий щитовых экранов котельных топок, в виде мертелей и масс при выполнении огнеупорной кладки.

Кремнеземистые огнеупоры (silicons refractories) - огнеупоры, содержащие > 80% SiO_2 . К ним относят наиболее распространенные динасовые и кварцевые огнеупоры, а также кварц, стекло.

Динасовые огнеупоры содержат > 93% SiO_2 или 80-93% SiO_2 (при изготовлении с добавками) и изготавливаются из кварцитов. В порошок кварцита добавляют известковое молоко и железистые добавки, формуют на прессах изделия задан, размеров и обжигают при 1430-1460°C. Динасовые огнеупоры применяют для футеровки коксовых, стекловар, печей, воздухонагревателей, а также ряда плавильных агрегатов в ЦМ и др. Неформованные динасовые огнеупоры - мертели, материалы для обмазок и т.п. изготавливают из молотых боя динас, огнеупоров и кварцитов, применяют при выполнении и ремонте кладки.

Кварцевое стекло - переохлажденный расплав природного (песок, жильный кварц, горный хрусталь и др.) или синтетического кремнезема, содержащего > 99% SiO_2 , применяют для изготовления стекловарных печей (в виде блоков), ламп инфракрасного нагрева, защитных чехлов термопар и др. Из кварцевого стекла путем измельчения, формования и обжига (а также без обжига) изготавливают также термостойкие огнеупорные изделия (так называемая кварцевая керамика), используют в качестве погружных стаканов и защитных труб при разливе стали, в лабораторной практике и др.

Легковесные огнеупоры (lightweight refractories) - огнеупоры с высокой (45-85%) пористостью. Легковесные огнеупоры подразделяют на: шамотные, высокоглиноземные, дианасовые, глиноземные (корундовые) и другие типы. Основа технологии изготовления: введение в шихту измельченных выгорающих добавок (древесных опилок, лигнина, кокса, полистирола и др.) и формование изделий пластичным или полусухим способами; смешивание суспензий из огнеупорных порошков с пеной из клеевого раствора с поверхностно-активной добавкой, химическое газообразование и вспучивание суспензии, содержащей стабилизатор, разливка в форму; формование изделий из легковесных заполнителей (пористых зерен, пустотелых сфер) с добавлением связующего. Заключительная стадия - обжиг при $> 1250^{\circ}\text{C}$.

Легковесные огнеупоры применяют в качестве теплоизоляционных материалов для футеровки стен и сводов нагревательных и обжиговых печей, котельных топок и др. Экономия энергоресурсов от применения легковесных огнеупоров по сравнению с обычными 10-30%. Высокоогнеупорные легковесные огнеупоры на основе оксидов применяют в вакуумной технике, высокотемпературных печах, силовых установках легательных аппаратов и др. Неформованные легковесные огнеупоры в виде засыпок из зернистых материалов, в т.ч. из пустотелых гранул применяют для внешней теплоизоляции тепловых агрегатов.

Магнезиальные огнеупоры (magnesia refractories) - огнеупоры, содержащие в основе MgO . К ним относят: магнезиальносиликатные (45-85%), магнезиальношпинелидные (40-85%) и магнезиальноизвестковые (10-85%). Магнезиальные огнеупоры изготавливают из обожженных и частично сырых материалов с добавлением связки и обжигом при $1500-1900^{\circ}\text{C}$. Магнезиальные огнеупоры имеют высокую стойкость при взаимодействии с расплавами металлов и основных шлаков, широко применяются для футеровки металлургических и других агрегатов.

Магнезиальносиликатные огнеупоры (magnesia-silica refractories) - огнеупоры, состоящие в основном из форстерита ($\text{Mg}_2(\text{SiO}_4)$) и содержащие 50-60% MgO , 25-40% SiO_2 . Магнезиальносиликатные огнеупоры формуют со связующей добавкой и обжигают при $1450-1550^{\circ}\text{C}$ (или используют без обжига). Основные свойства магнезиальносиликатных огнеупоров: пористость открытая 22-28%, температура начала размягчения под нагрузкой - до $1610-1620^{\circ}\text{C}$. Магнезиальносиликатные огнеупоры применяют для футеровки насадок регенераторов мартенов, и стекловарных печей, сталеразливочных ковшей (в т.ч. в виде набивных масс), плавильных агрегатов ЦМ, а также для изготовления сталеразливочных стаканов и др. Неформованные магнезиальносиликатные огнеупоры могут применяться как добавка в металлургических порошках.

Магнезиальношпинелидные огнеупоры (magnesia spinel refractories) - огнеупоры, состоящие из периклаза и хромшпинелида $\text{MgO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ (в т.ч. со шпинелью $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). Периклазохромитовые огнеупоры содержат $> 60\%$ MgO и 5-20% Cr_2O_3 . Периклазохромитовые огнеупоры формуют и обжигают при $1700-1850^{\circ}\text{C}$. Для высококачественных периклазохромитовых огнеупоров используют MgO чистотой $> 96\%$ и концентраты хромита. Периклазохромитовые огнеупоры применяют для футеровки сводов сталеплавильных печей, вакууматоров стали, кислородных конвертеров (горловина, летки), сталеразливочных ковшей (шлак, пояс), медеплавильных агрегатов, высокотемпературных обжиговых печей и др.).

К магнезиальношпинелидным огнеупорам (также относят: хромитопериклазовые, изготавливаемые из смеси периклазового порошка с хромитовой рудой и содержащие 40-60% MgO и 15-35% Cr_2O_3 ; периклазошпинельные ($> 40\%$ MgO и 5-55% Al_2O_3), шпинельные, состоящие в основном из шпинели состава $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ и хромитовые огнеупоры ($> 30\%$ Cr_2O_3 и $< 40\%$ MgO). Магнезиальношпинелидные огнеупоры этих типов используют взамен более дорогостоящих магнезиальношпинелидных периклазохромитовых огнеупоров для футеровки менее ответственных частей (участков) сталеплавильных агрегатов, обжиговых печей и др. Применяют безобжиговые магнезиальношпинелидные огнеупоры для изготовления сталеразливочных стаканов и др.

Неформованные огнеупоры (non-shaped refractories) - огнеупоры, изготовленные без определенной форм и размеров в виде кусковых, порошковых и волокнистых материалов, а также паст и суспензий. К ним относят: металлургические заправочные порошки, заполнители и мелкозернистые компоненты для огнеупорных бетонов, огнеупорные цементы, бетонные

смеси и готовые к применению массы, мертели, материалы для покрытий (в т.ч. торкрет-массы), некоторые виды волокнистых огнеупоров. Неформованные огнеупоры могут быть сухими, полусухими, пластичными и жидкотекучими. Неформованные огнеупоры применяют для выполнения и ремонта футеровок сталеразливочных ковшей (набивные и наливные кремнеземные, высокоглиноземные и магнезиальные массы); конвертеров (торкрет-массы), нагревательных и обжиговых печей (шамот, и высокоглиноземные массы), индукционных печей (корундовые и периклазовые массы), коксовых печей (обмазки), подин мартен, и электродуговых печей (заправочные порошки) и т. д.

Неформованные огнеупоры применяют для рабочего слоя футеровки промежуточных и сталеразливочных ковшей, стен и сводов мартеновских печей, в набивных частях футеровки вакууматоров, печей ЦМ и др.

Оксидные огнеупоры (oxide refractories) - огнеупоры, содержащие > 97% высокоогнеупорных оксидов (BeO , MgO , CaO , Al_2O_3 , Cr_2O_3 , ZrO_2 , ThO_2 и др.) или их соединений и твердых растворов. Формованные оксидные огнеупоры изготавливают преимущественно из тонкозернистых порошков прессов, или литьем из суспензий с последующим обжигом, а неформованные оксидные огнеупоры - измельчением оксидов, обычно после предварительного обжига и введения необходимых добавок. В металлургии оксидные огнеупоры применяют в виде изделий из технической керамики для аппаратуры при измерении высоких температур, датчиков контроля масс, доли кислорода в стали, тиглей для лабораторных плавильных печей, вкладышей в разлив, устройствах и др.

Периклазовые огнеупоры (periclase (magnesite) refractories) - магнезиальные огнеупоры, содержащие > 85% MgO . Периклазовые огнеупоры изготавливают из периклазового порошка с добавлением клеящей связки обжигом при 1600-1900°C; для безобжиговых периклазовых огнеупоров используют связки из лигносульфонатового сульфата магния и др. Периклазовые огнеупоры применяют для футеровки стенок мартеновских печей, миксеров, печей для плавки меди и никеля, высокотемпературных нагревательных печей, леток кислородных конвертеров и др., а также в виде плит шибберных затворов сталеразливочных ковшей, стаканов для разлива сталей, пористых фурм для продувки стали газами и т.п. Неформованные периклазовые огнеупоры используют для изготовления мертеля, металлургических (заправочных) порошков, набивных масс для вакууматоров стали, индукционных печей и др.

Периклазоуглеродистые огнеупоры (periclase (magnesite)-carbon refractories) - огнеупоры, изготовленные из периклазового порошка с добавлением 6-25% природного или искусственного графита и органической связки (например, фенольной порошкообразной с этиленгли-колем или бакелита). Периклазоуглеродистые огнеупоры применяют для футеровки устройств для подачи газа снизу в конвертерах с комбинированной продувкой и ответственных участков стен мощных электродуговых печей; для шлакового пояса электродуговых печей и сталеразливочных ковшей, а также шибберных затворов.

Плавленные огнеупоры (fused refractories) - огнеупоры, изготовленные расплавлением огнеупорных материалов и разливкой в формы. Для плавки большинства огнеупорных материалов используют электродуговые печи, а кварца - печи сопротивления и кислородные горелки. Корундовые и корундомуллитовые плавленные огнеупоры применяют в виде блоков для изготовления подин нагревательных печей и колодцев, днищ вакуум-камер и др., бадделеитокорундовые кварцевые плавленные огнеупоры - для футеровки стекловарных печей. Порошки плавленных периклаза, глинозема и шпинелей (MgO о Al_2O_3 ; Mg о Cr_2O_3) используют для изготовления огнеупорных изделий и бетонов. Корундовые порошки из глинозема и боксита применяются также в производстве абразивов.

Полуокислые огнеупоры (semi-silicious (silica-acid) refractories) - алюмосиликатные огнеупоры с массовой долей Al_2O_3 от 14 до 28 %. Полуокислые огнеупоры применяют преимущественно для малоответственных участков футеровок металлургических агрегатов, в т.ч. коксовых печей, в виде капсул для определения серы и углерода в чугуне, стали и др.

Смолодоломитовые огнеупоры (tar-dolomite refractories) - формованные на прессах изделия из порошка обожженного доломита (крупность зерен до 6-8 мм), смешанного при нагревании до 100-120°C с 4-6% каменноугольной смолы или пека. Смолодоломитовые огнеупоры имеют кажущуюся плотность 2800-2900 кг/м³, предел прочности при сжатии 2000-4000 МПа, устойчивы против основных шлаков. При добавке в массу магнезитового порошка

изделие называются смолодоломитомагнезитовыми. Смолодоломитовые огнеупоры применяются для футеровки кислородных конвертеров. Иногда смолодоломитовые огнеупоры применяют в кладке дуговых сталеплавильных печей.

Смоломгнезитовые огнеупоры (tar-magnesite refractories) - изделия и массы, приготовленной из обожженного магнезитового (периклазового) порошка смешением при нагреве до 100-120°C с 4-6% каменноугольной смолы или пека. При содержании примеси < 2-3 % CaO стойки к гидратации на воздухе; применение аналогично смолодоломитовым огнеупорам.

Углеродистые огнеупоры (carbon refractories) - огнеупоры, состоящие преимущественно из свободного углерода или содержащие углерод в качестве основного компонента. К углеродистым огнеупорам относят: угольные и графитированные блоки, изготовленные из кокса и термоантрацита с каменноугольной смолой, пеком, битумом, антрацитовым маслом, обжигаемые при 1100-1450°C; графитированные изделия из нефтяного кокса с графитовой структурой и малым содержанием золы, получаемые обжигом при > 2000°C; пирографит - продукт разложения углеродсодержащего газа на нагретой поверхности и др. К углеродистым огнеупорам относят также углеродсодержащие огнеупоры, изготовленные из графита, огнеупорной глины, шамота (в т.ч. высокоглиноземистого), корунда и т.п. Углеродистые огнеупоры отличаются высокой теплопроводностью, низким ТКЛР, хорошей стойкостью при взаимодействии с расплавами металлов и шлаками. Углеродистые огнеупоры применяют для футеровки нижнего строения домен, печей, электротермических печей, агрегатов для плавки свинца, меди и др., а также для изготовления погружных стаканов, стопоров-моноблоков, вкладышей для изложниц, тиглей для плавки цветных металлов и др. Неформованные углеродистые огнеупоры из коксовых порошков на каменноугольной смоле применяют для заполнения швов кладки, углеродсодержащие - для футеровки желобов домен, печей и др.

Цирконистые огнеупоры (zircon/zirconia refractories) - огнеупоры, на основе бодделеита ZrO₂ (67,1 % ZrO₂) и циркона (ZrSiO₄). Цирконистые огнеупоры в зависимости от содержания ZrO₂ подразделяют на: оксидциркониевые (> 85 % ZrO₂), бадде-леитокорундовые (20-85 % ZrO₂ и до 65 % Al₂O₃), цирконовые (> 50 % ZrO₂ и > 25 % SiO₂), оксидцирконийсодержащие (< 20 % ZrO₂). Цирконистые огнеупоры отличаются высокой огнеупорностью (до 2600°C), хорошей стойкостью при взаимодействии с расплавами металлов и шлаков, высокой прочностью при 2200-2400°C и высокой термостойкостью. Высокоплотную керамику из ZrO₂ применяют в виде чехлов термопар, фильтров для сплавов, а также нагревательных элементов при температурах до 2200°C в печах с резистивным и индукционным нагревом. Зернистые огнеупоры из ZrO₂ используют в устройствах для разлива стали, для футеровки агрегатов с > 1800°C, тиглей для плавки ряда металлов и сплавов. Стаканы из циркона (в т.ч. с графитом) с добавлением пластифицированного компонента используют в промежуточных ковшах при разливе стали.

Шамотные огнеупоры (fireclay refractories) - алюмосиликатные огнеупоры, содержащие 28-45% Al₂O₃ и 50-70 SiO₂. Технология производства формованных шамотных огнеупоров включает: обжиг глины (каолина) при 1300-1500°C во вращающихся или шахтных печах, измельчение полученного шамота, смешивание со связующей глиной и водой (иногда с добавлением других связующих материалов), формование, сушку и обжиг при 1300-1400°C. Шамотные огнеупоры применяют для футеровки доменных печей, сталеразливочных ковшей, нагревательных и обжиговых печей, котельных топок и др., а также для изготовления сифонных изделий для разлива стали. Неформованные шамотные огнеупоры изготавливают из измельчения шамота и связующих материалов и применяют в виде мертелей, набивных масс, порошков, заполнителей бетонов и др. при выполнении и ремонте огнеупорных футеровок разных тепловых агрегатов.

Наиболее распространенные виды огнеупоров: шамотные, периклазоуглеродистые, динасовые. Основные виды огнеупоров – огнеупорный кирпич, прессованные огнеупоры, леточная масса, плавильный тигель, фасонные огнеупорные изделия и монолитные огнеупоры. Применяют для кладки промышленных печей, топок и других теплотехнических агрегатов.

В зависимости от способа производства огнеупорных материалов используются различные типы связующих. Низкомолекулярные новолачные смолы преимущественно используются в среднетемпературном процессе. В случае холодного смешения используются растворы резолов или новолаков. Кроме того, первоочередным фактором, определяющим выбор смолы, является тип огнеупора (периклазоуглеродистый, корундовый, доломитовый и пр.).

Ниже приведены два варианта классификации огнеупоров с указанием их основных характеристик. В таблице 1.3 приведены расшифровка традиционных обозначений, используемых в России.

Классификация огнеупоров по химико-минеральному составу по ГОСТ 28874 – 2004

- Кремнеземистые
- Алюмосиликатные и Глиноземистые
- Высокомагнезиальные, Магнезиальносиликатные и Магнезиальношпинелидные
- Магнезиальноизвестковые, Глиноземоизвестковые и Известковые
- Хромистые
- Цирконистые
- Углеродистые и Оксидоуглеродистые
- Карбидкремниевые
- Оксидные, Кислородсодержащие и Бескислородные

Таблица 1.1

Тип огнеупоров	Группа огнеупоров	Массовая доля определяющего химического компонента, SiO ₂ %			
Кремнеземистые	Из кварцевого (кремнеземистого) стекла	Не менее 98			
	Динасовые	Св. 93			
	Динасовые с добавками	От 80 до 93 включ.			
	Кварцевые	" 85 " 93 "			
Примечание - К группе кварцевые относят огнеупоры из кварцитов и кварцевых песков					
Алюмосиликатные	Группа огнеупоров	Al₂O₃	SiO₂		
	Полукислые	10-28	65-85		
	Шамотные	28-45	-		
	Муллитокремнеземистые	Св. 45	-		
	Муллитовые	62-72	-		
	Муллитокорундовые	72-95	-		
Глиноземистые	Из глиноземокремнеземистого стекла	От 40 до 90 включ.	-		
	Корундовые	Св. 95	-		
	Корундовые с добавками	От 85 включ.	-		
	Примечания - Муллитокремнеземистые, муллитовые и муллитокорундовые группы огнеупоров относят к высокоглиноземистым Огнеупоры в аморфном (стеклообразном) состоянии относят к группе «из глиноземокремнеземистого стекла»				
Высокомагнезиальные	Группа огнеупоров	MgO	SiO₂	Cr₂O₃	Al₂O₃
	Периклазовые	От 85 включ.	-	-	-
Магнезиальносиликатные	Периклазофорстеритовые	От 65 до 85	От 7 включ.	-	-
	Форстеритовые	От 40 до 65 включ.	От 20 до 45 включ.	-	-
	Форстеритохромитовые	" 40 " 60 "	" 15 " 30 "	От 5 до 15 включ.	-
Магнезиальношпинелидные	Периклазохромитовые	От 60	-	" 5 " 20 "	-

нелидные		включ.			
	Хромитопериклазовые	От 40 до 60	-	" 15 " 35 "	-
	Хромитовые	Менее 40	-	Св. 30	-
	Периклазошпинелидные	50-85	-	5-20	До 25 включ.
	Периклазошпинельные	Св. 40	-	-	От 5 до 55 включ.
	Шпинельные	20-40	-	-	" 55 " 70 "

Примечание - Огнеупоры всех групп относят к магнезиальным

Магнезиально-известковые	Группа огнеупоров	MgO	Al₂O₃	CaO
	Периклазоизвестковые	От 50 до 90	-	От 10 до 45
	Периклазоизвестковые стабилизированные	От 35 до 75 включ.	-	От 15 до 40 включ.
	Известковопериклазовые	« 10 « 50 «	-	« 45 « 85 «
Глиноземоизвестковые	Алюминаткальциевые	-	Св. 65	От 7 до 35
Известковые	Известковые	-	-	От 85 включ.

Примечания - Периклазоизвестковые и периклазоизвестковые стабилизированные огнеупоры относят к магнезиальным (см. выше) Для огнеупоров группы «периклазоизвестковые стабилизированные» соотношение массовых долей CaO/SiO₂ составляет св.2

Хромистые	Группа огнеупоров	Cr₂O₃	Al₂O₃			
	Корундохромоксидные	От 5 до 50 включ.	От 50 до 90 включ.			
	Хромоксидкорундовые	" 50 " 90 "	" 10 " 50 "			
	Хромоксидные	Св. 90				
Цирконистые	Группа огнеупоров	ZrO₂	SiO₂	Al₂O₃	MgO	Cr₂O₃
	Оксидциркониевые	Св. 85	-	-	-	-
	Бадделеитокорундовые	20-85.	-	До 65	-	-
	Цирконовые	Св. 50	Св. 25	-	-	-
	Корундооксидцирконийсиликатные	5-50	До 40	30-95	-	-
	Корундохромоксидцирконийсиликатные	10-50	15-60	-	10-40	-
	Периклазооксидцирконийсиликатные	До 30	До 25	-	Св. 70	-

Примечание - Для корундохромоксидцирконийсиликатных огнеупоров приведена сумма массовых долей ZrO₂ и SiO₂

Углеродистые	Группа огнеупоров	C	SiO₂	Al₂O₃	SiC	MgO	CaO
	Графитированные	Св. 95	-	-	-	-	-
	Угольные	до 60	-	-	-	-	-
Оксидоуглеродистые	Кремнеземоуглеродистые	До 20	Св. 80	-	-	-	-
	Шамотноуглеродистые	до 40	-	До 40	-	-	-
	Алюмоуглеродистые	до 40	-	Св. 40	-	-	-
	Корундокарбидкремний-углеродистые	до 40	-	60-80	5-15	-	-
	Периклазоуглеродистые	2-40	-	-	-	От 60	-
	Шпинельнопериклазоугле-родистые	2-40	-	40-60	-	Св. 30	-
	Периклазошпинельноугле-родистые	Св. 5	-	Св. 30	-	до 40	-
	Алюмопериклазоуглеродистые	2-40	-	« 60	-	2-30	-
	Периклазоизвестковоугле-родистые	2	-	-	-	40-90	Св. 10
Известковоуглеродистые	2	-	-	-	До 40	до50	

Примечания - Алюмоуглеродистые огнеупоры с массовой долей Al₂O₃ свыше 60% относят к корундоуглеродистым. Шпинельнопериклазоуглеродистые,

периклазошпинельноуглеродистые и алюмопериклазоуглеродистые огнеупоры относят к алюмомагнезиальноуглеродистым		
Карбидкремниевые	Группа огнеупоров	SiC , %
	Карбидкремниевые	Св. 70
	Карбидкремнийсодержащие	От 15 до 70 включ.
Оксидные	Группа огнеупоров	Массовая доля определяющего химического компонента
	Оксидные (BeO, оксиды PЗЭ, Y ₂ O ₃ , Sc ₂ O ₃ , SnO ₂ , HfO ₂ , ThO ₂ , UO ₂ , и др. оксиды, тв. растворы и смеси на их основе)	Не менее 97
	Кислородсодержащие (сиалоны, оксинитриды, оксикарбиды и др)	" 97
Бескислородные	Бескислородные (нитриды, бориды, карбиды, силициды и другие бескислородные соединения, кроме углеродистых)	Не менее 50

Классификация плотных огнеупоров по химико-минеральному составу по EN 12475

- Высокоглиноземистые
- Шамотные
- Низкоглиноземистые шамотные (полукислые)
- Кремнеземистые
- Динасовые
- Магнезиальные
- Магнезиальнодоломитовые
- Доломитовые
- Известковые
- Магнезиальношпинельные
- Форстеритовые
- Магнезиальнохромитовые
- Хромитовые
- Магнезиальнооксидцирконийсиликатные
- Алюмохромоксидные
- Хромоксидные
- Алюмохромоксидцирконийсиликатные
- Алюмоуглеродистые
- Алюмокарбидкремнийуглеродистые
- Карбидкремниевые
- Углеродистые
- Магнезиальноуглеродистые
- Магнезиальнодоломитоуглеродистые
- Доломитоуглеродистые

Таблица 1.2

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
	MgO	CaO	
Магнезиальные	M 98	Не менее 98	-
	M 95	От 95 до 98	-
	M 90	" 90 " 95	-

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %				
	MgO		CaO		
	M 85	" 85 " 90	-		
	M 80	" 80 " 85	-		
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
		MgO	CaO		
Магнезиальнодоломитовые	MD 80	От 80 до 90	Не менее 10		
	MD 70	" 70 " 80	" 20		
	MD 60	" 60 " 70	" 30		
	MD 50	" 50 " 60	" 40		
	MD 40	" 40 " 50	" 50		
Доломитовые	D 40	Менее 40	" 50		
Известковые	L 70	" 30	" 70		
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
		MgO	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	SiO ₂
Магнезиальношпинельные	MSp 80	Не менее 80	-	-	-
	MSp 70	От 70 до 80	-	-	-
	MSp 60	" 60 " 70	-	-	-
	MSp 50	" 50 " 60	-	-	-
	MSp 40	" 40 " 50	-	-	-
	MSp 30	" 30 " 40	-	-	-
	MSp 20	" 20 " 30	-	-	-
Форстеритовые	F 50	Не менее 50	-	-	-
	F 40	От 40 до 50	-	-	-
Магнезиальнохромитовые	MCr 80	от 80	-	-	-
	MCr 70	От 70 до 80	-	-	-
	MCr 60	" 60 " 70	-	-	-
	MCr 50	" 50 " 60	-	-	-
	MCr 40	" 40 " 50	-	-	-
	MCr 30	" 30 " 40	-	-	-
Хромитовые-	Cr 30	Менее 30	Не менее 30	-	-
Магнезиальнооксидцирконийсиликатные	MZ 90	от 90	-	Менее 10	-
	MZ 70	70-90	-	Не менее 10	-
	MZS 70	70-90	-	от 5 до 15	Не менее 5
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
		Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃		
Алюмохромоксидные	ACr 90	Не менее 90	От 5 до 10		
	ACr 80	От 80 до 90	" 10 " 15		
	ACr 70	" 70 " 80	" 15 " 30		
	ACr 50	" 50 " 70	" 30 " 50		
Хромоксидные	Cr 50	" 10 " 50	" 50 " 90		
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
		Cr ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	ZrO ₂ + SiO ₂	

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
	MgO		CaO	
Алюмохромоксидцирконийсиликатные	ACrZS 10	От 10 до 25	От 20 до 55	От 25 до 50
	ACrZS 25	" 25 " 40	" 15 " 60	" 10 " 50
	ACrZS 40	" 40 " 80	" 5 " 30	" 10 " 30
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
		ZrO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Оксидциркониевые	Z 95	Не менее 95	-	-
	Z 90	От 90 до 95	-	-
	Z 70	" 70 " 90	-	От 10 до 25
Оксидцирконийсиликатные	ZS 60	" 60 " 70	-	" 25 " 40
	ZS 50	" 50 " 60	-	" 30 " 50
	ZS 35	" 35 " 50	менее 20	" 25 " 50
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
		ZrO ₂	Al ₂ O ₃	SiO ₂
Алюмооксидцирконийсиликатные	AZS 5	От 5 до 15	От 60 до 95	Менее 35
	AZS 15	" 15 " 30	" 50 " 80	" 25
	AZS 30	" 30 " 40	" 30 " 55	" 20
	AZS 40	" 40 " 50	" 30 " 55	От 25 до 40
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
		Al ₂ O ₃	C	
Алюмоуглеродистые	AC 90/1	Не менее 90	От 1 до 5	
	AC 90/5	" 90	" 5 " 10	
	AC 90/10	" 90	" 10 " 15	
	AC 90/15	" 90	" 15 " 20	
	AC 90/20	" 90	" 20 " 25	
	AC 90/25	" 90	" 25 " 30	
	AC 80/1	От 80 до 90	" 1 " 5	
	AC 80/5	" 80 " 90	" 5 " 10	
	AC 80/10	" 80 " 90	" 10 " 15	
	AC 80/15	" 80 " 90	" 15 " 20	
	AC 80/20	" 80 " 90	" 20 " 25	
	AC 80/25	" 80 " 90	" 25 " 30	
	AC 70/1	" 70 " 80	" 1 " 5	
	AC 70/5	" 70 " 80	" 5 " 10	
	AC 70/10	" 70 " 80	" 10 " 15	
	AC 70/15	" 70 " 80	" 15 " 20	
	AC 70/20	" 70 " 80	" 20 " 25	

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
	MgO	CaO		
	AC 70/25	" 70 " 80	" 25 " 30	
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
		Al ₂ O ₃	C	
Алюмоуглеродистые	AC 60/1	От 60 до 70	От 1 до 5	
	AC 60/5	" 60 " 70	" 5 " 10	
	AC 60/10	" 60 " 70	" 10 " 15	
	AC 60/15	" 60 " 70	" 15 " 20	
	AC 60/20	" 60 " 70	" 20 " 25	
	AC 60/25	" 60 " 70	" 25 " 30	
	AC 50/1	" 50 " 60	" 1 " 5	
	AC 50/5	" 50 " 60	" 5 " 10	
	AC 50/10	" 50 " 60	" 10 " 15	
	AC 50/15	" 50 " 60	" 15 " 20	
	AC 50/20	" 50 " 60	" 20 " 25	
	AC 50/25	" 50 " 60	" 25 " 30	
	AC 30/1	" 30 " 50	" 1 " 5	
	AC 30/5	" 30 " 50	" 5 " 10	
	AC 30/10	" 30 " 50	" 10 " 15	
	AC 30/15	" 30 " 50	" 15 " 20	
	AC 30/20	" 30 " 50	" 2 " 25	
	AC 30/25	" 30 " 50	" 25 " 30	
		Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %	
			Al ₂ O ₃	SiC
Алюмокарбидкремнийуглеродистые	ASC 80/1	Не менее 80	От 1 до 5	От 1 до 5
	ASC 80/5	" 80	" 1 " 5	" 5 " 10
	ASC 80/10	" 80	" 1 " 5	" 10 " 15
	ASC 80/15	" 80	" 1 " 5	" 15 " 20
	ASC 80/20	" 80	" 1 " 5	" 20 " 25
	ASC 70/5	От 70 до 80	" 5 " 10	" 5 " 10
	ASC 70/10	От 70 до 80	От 5 до 10	От 10 до 15
	ASC 70/15	" 70 " 80	" 5 " 10	" 15 " 20
	ASC 70/20	" 70 " 80	" 5 " 10	" 20 " 25

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
	MgO	CaO		
	ASC 60/1	" 60 " 70	" 10 " 15	" 1 " 5
	ASC 60/5	" 60 " 70	" 10 " 15	" 5 " 10
	ASC 60/10	" 60 " 70	" 10 " 15	" 10 " 15
	ASC 60/15	" 60 " 70	" 10 " 15	" 15 " 20
	ASC 60/20	" 60 " 70	" 10 " 15	" 20 " 25
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		
		SiC		
Карбидкремниевые	SiC 99	Не менее 99		
	SiC 90	От 90 до 99		
	SiC 80	" 80 " 90		
	SiC 70	" 70 " 80		
	SiC 50	" 50 " 70		
	SiC 30	" 30 " 50		
	Группа	Массовая доля, %		
		C	Зола	
Углеродистые	C 99	Не менее 99	Не более 1	
	C 95	От 95 до 99	От 1 до 5	
	C 90	" 90 " 95	" 5 " 10	
	C 60/M	" 60 " 90	" 10 " 40	
	Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %		Массовая доля углерода, %
		MgO	CaO	
Магнезиальноуглеродистые	MC 98/7	Не менее 98	-	От 7 до 10
	MC 98/10	" 98	-	" 10 " 15
	MC 98/15	" 98	-	" 15 " 20
	MC 98/20	" 98	-	" 20 " 25
	MC 98/25	" 98	-	" 25 " 30
	MC 95/7	От 95 до 98	-	" 7 " 10
	MC 95/10	" 95 " 98	-	" 10 " 15
	MC 95/15	" 95 " 98	-	" 15 " 20
	MC 95/20	" 95 " 98	-	" 20 " 25
	MC 95/25	" 95 " 98	-	" 25 " 30
	MC 90/7	" 90 " 95	-	" 7 " 10
	MC 90/10	" 90 " 95	-	" 10 " 15
	MC 90/15	" 90 " 95	-	" 15 " 20

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %				
	MgO		CaO		
	MC 90/20	" 90 " 95	-	" 20 " 25	
	MC 90/25	" 90 " 95	-	" 25 " 30	
	MC 85/7	" 85 " 90	-	" 7 " 10	
	MC 85/10	" 85 " 90	-	" 10 " 15	
	MC 85/15	" 85 " 90	-	" 15 " 20	
	MC 85/20	" 85 " 90	-	" 20 " 25	
	MC 85/25	" 85 " 90	-	" 25 " 30	
	MC 80/7	" 80 " 85	-	" 7 " 10	
	MC 80/10	" 80 " 85	-	" 10 " 15	
	MC 80/15	" 80 " 85	-	" 15 " 20	
	MC 80/20	" 80 " 85	-	" 20 " 25	
	MC 80/25	" 80 " 85	-	" 25 " 30	
	Магнезиальнодоломитоуглеродистые	MDC 80/7	" 80 " 90	Не менее 10	" 7 " 10
		MDC 80/10	" 80 " 90	" 10	" 10 " 15
MDC 80/15		" 80 " 90	" 10	" 15 " 20	
MDC 80/20		" 80 " 90	" 10	" 20 " 25	
MDC 80/25		" 80 " 90	" 10	" 25 " 30	
MDC 70/7		От 70 до 80	Не менее 20	От 7 до 10	
MDC 70/10		" 70 " 80	" 20	" 10 " 15	
MDC 70/15		" 70 " 80	" 20	" 15 " 20	
MDC 70/20		" 70 " 80	" 20	" 20 " 25	
MDC 70/25		" 70 " 80	" 20	" 25 " 30	
MDC 60/7		" 60 " 70	" 30	" 7 " 10	
MDC 60/10		" 60 " 70	" 30	" 10 " 15	
MDC 60/15		" 60 " 70	" 30	" 15 " 20	
MDC 60/20		" 60 " 70	" 30	" 20 " 25	
MDC 60/25		" 60 " 70	" 30	" 25 " 30	
MDC 50/7		" 50 " 60	" 40	" 7 " 10	
MDC 50/10		" 50 " 60	" 40	" 10 " 15	

Группа	Массовая доля определяющего химического компонента, %			
	MgO		CaO	
	50/10			
	MDC 50/15	" 50 " 60	" 40	" 15 " 20
	MDC 50/20	" 50 " 60	" 40	" 20 " 25
	MDC 50/25	" 50 " 60	" 40	" 25 " 30
	MDC 40/7	" 40 " 50	" 50	" 7 " 10
	MDC 40/10	" 40 " 50	" 50	" 10 " 15
	MDC 40/15	" 40 " 50	" 50	" 15 " 20
	MDC 40/20	" 40 " 50	" 50	" 20 " 25
	MDC 40/25	" 40 " 50	" 50	" 25 " 30
Доломитоуглеродистые	DC 40/7	Менее 40	Не менее 50	" 7 " 10
	DC 40/10	" 40	" 50	" 10 " 15
	DC 40/15	" 40	" 50	" 15 " 20
	DC 40/20	" 40	" 50	" 20 " 25
	DC 40/25	" 40	" 50	" 25 " 30

Таблица 1.3

Маркировка огнеупоров

Группа	Условное обозначение
Из кварцевого (кремнеземистого) стекла	КС
Динасовые	Д
Динасовые с добавками	ДД
Кварцевые	КВ
Полукислые	ПК
Шамотные	Ш
Муллитокремнеземистые	МКР
Муллитовые	МЛ
Муллитокорундовые	МК
Из глиноземокремнеземистого стекла	ГКРС
Корундовые	К
Корундовые с добавками	КД
Алюминаткальциевые	АК

Периклазовые	П
Перниклазофорстеритовые	ПФ
Форстеритовые	Ф
Форстеритохромитовые	ФХ
Периклазохромитовые	ПХ
Хромитопериклазовые	ХП
Хромитовые	Х
Периклазошпинелидные	ПШ
Периклазошпинельные	ПШП
Шпинельные	ШП
Периклазоизвестковые	ПИ
Периклазоизвестковые стабилизированные	ПИД
Известковопериклазовые	ИП
Известковые	И
Хромоксидные	ХО
Высокохромистые	ОЛ
Оксидциркониевые	ОЦР
Бадделеитокорундовые	БК
Цирконовые	ЦР
Оксидцирконийсодержащие	ОЦС
Оксидные	О
Оксидсодержащие	ОС
Графитированные	Г
Угольные	У
Углеродсодержащие	УГС
Карбидкремниевые	КК
Бескислородные	БО