



RHI MAGNESITA

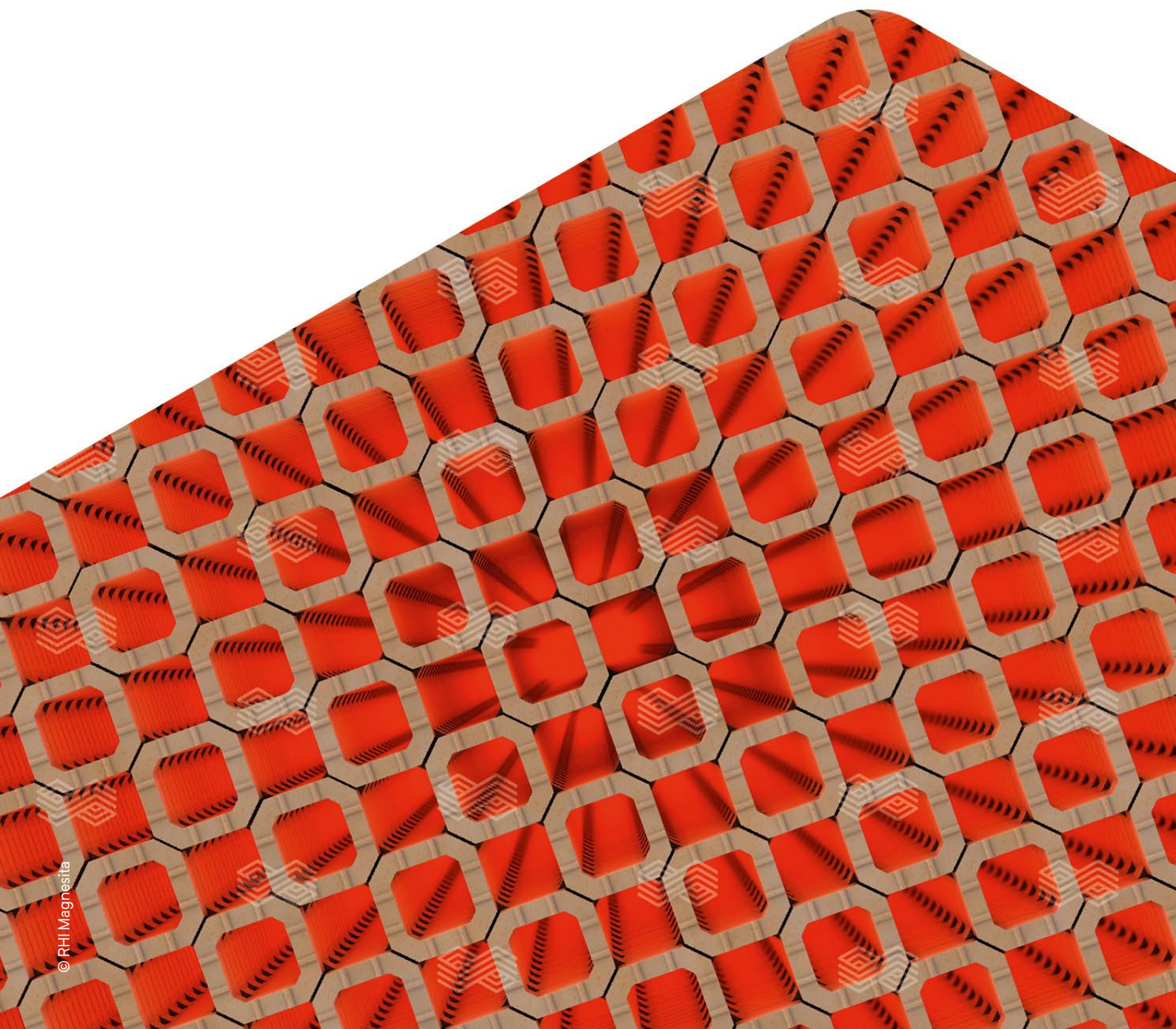
GLASS / REGENERATOR

Насадки регенератора

Испытанные временем и современные концепции футеровки насадок регенератора

Chimney Blocks

Proven and Advanced Lining Concepts for Regenerator Checkerwork





Мы RHI Magnesita

Инновационный и надежный партнер

Компания RHI Magnesita – лидирующее и ведущее на мировом рынке предприятие в области огнеупоров – свою всемирную деятельность в сфере стекольной промышленности концентрирует в подразделении Process Industries & Minerals. RHI Magnesita Process Industries & Minerals предлагает высококачественную огнеупорную продукцию и решения, а также услуги от одного лица.

Бренды продукции RHI Magnesita, такие как, например, Didier, Veitscher, Radex — это многолетнее ноу-хау, инновационные технологии и высшее качество.

Представленная по всему миру сеть дистрибьюторских и сервисных центров обеспечивает наилучший и надежный сервис в отрасли: компетентные сотрудники, которые постоянно поддерживают отличные знания технологии на современном уровне, всегда готовы решить проблему и поддержать клиентов в сложной ситуации.

RHI Magnesita — это гарантия высокого качества и инноваций, разработанных с целью удовлетворить постоянно повышающиеся требования стекольной промышленности. Используется лишь тщательно отобранное сырье. Деятельность RHI Magnesita в сфере НИОКР сконцентрирована на разработке огнеупорных материалов с низкой предрасположенностью к образованию дефектов в стекле и в то же время с высокой устойчивостью к коррозии.

RHI Magnesita делает значительный вклад в защиту окружающей среды за счет производства ресурсосберегающей продукции в соответствии с высокими стандартами.

Представленная по всему миру сеть производственных предприятий RHI Magnesita насчитывает 35 основных производственных предприятий, оснащенных современным производственным оборудованием, а также имеет международные сертификаты по экологии и гарантии качества.

We are RHI Magnesita

An Innovative and Reliable Partner of the Glass Industry

RHI Magnesita is the global leader in refractories and concentrates its worldwide activities for the glass industry in the BU Process Industries & Minerals. RHI Magnesita Process Industries & Minerals offers high-end refractory products and solutions and services, from a single source.

RHI Magnesita's product brands, such as Didier, Veitscher, and Radex, stand for decades of know-how, innovative technology, and top quality.

A worldwide sales and service network ensures the best and most reliable customer service in the industry: competent employees with outstanding technical expertise are always available to solve problems and support customers in emergencies.

RHI Magnesita guarantees top product quality and continuous innovations in order to meet the increased requirements in the glass industry. Only carefully selected raw materials are used. R&D activities at RHI Magnesita focus on the development of refractory materials with low glass defect potential and high corrosion resistance.

RHI Magnesita makes an active contribution to protecting the environment through the effective use of resources in production and the highest environmental standards.

The worldwide manufacturing network of RHI Magnesita, which comprises 35 main production plants, is equipped with state-of-the-art production facilities and has international registered certificates for environment and quality assurance.

Насадки регенератора

Regenerator Checkerwork

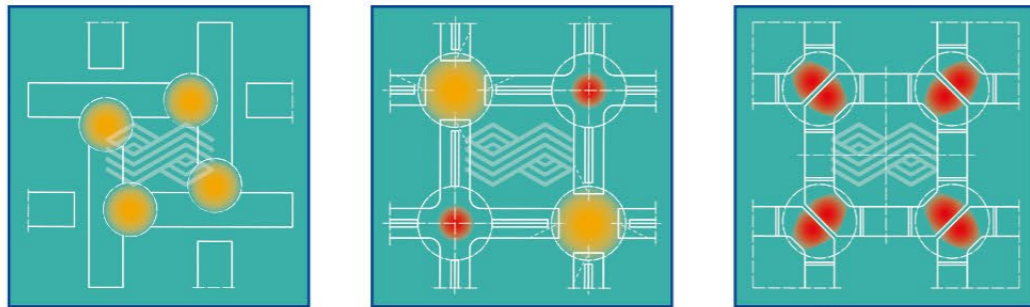
Для процесса варки стекла требуется большой объем энергии при одновременно высокой рабочей температуре. Чтобы использовать энергию как можно эффективнее, для рекуперации тепла применяют регенераторы. Регенераторы заполняют материалом, который циклами накапливает тепло и отдает. Этот материал называют насадкой.

Хорошая насадка должна отвечать нескольким требованиям:

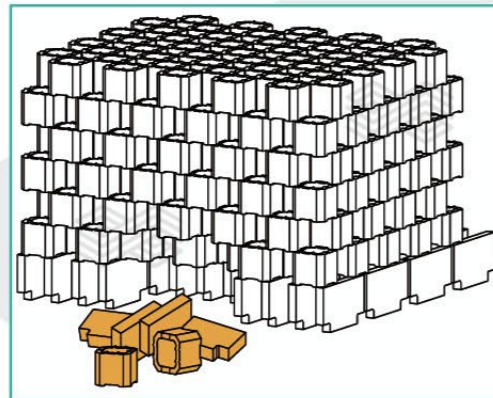
- Высокая эффективность рекуперации тепла из отработавшего воздуха за счет
 - > высокой удельной площади теплоотдачи
 - > достаточной турбулентности, чтобы обеспечить эффективный теплообмен
- Механическая прочность насадки должна сохраняться в течение многих лет.
- Материалы должны выдерживать тепловые и химические нагрузки, которые в разных зонах регенератора могут значительно отличаться.
- Низкая склонность к засорению конденсатами.

Из всех систем насадок горшечные насадки, изобретенные в 1979 г. компанией Veitscher Magnesitwerken, наиболее отвечают этим требованиям.

По сравнению с футеровкой в виде кладки «плетенкой» эти камни отличаются меньшей толщиной стены каналов и, таким образом, лучшим соотношением между поверхностью и объемом.



Каждый камень насадки на 100% поддерживается расположенным ниже камнем и непосредственно контактирует с восемью другими камнями. Такая насадка из горшечных камней прочна настолько, что даже при отсутствии нескольких камней в последнем нижнем ряду ее стабильность не нарушена.



В других системах насадок нет поддерживаемой зоны (слабые места), таким образом, общая конструкция менее стабильна.

The glass melting process requires large amounts of energy at high process temperatures. In order to use the energy as efficiently as possible, regenerators are used for heat recovery. Regenerators have to be filled with materials which discontinuously store and dispense heat, the so-called checkerwork.

Good checkerwork has to fulfill several requirements:

- High efficiency to recover heat from waste gas by
 - > a high specific heat flux area
 - > sufficient turbulences to enable heat exchange
- The mechanical stability of the checkerwork must be given over several years.
- The material has to resist thermal and chemical wear, which can differ greatly in the different zones of the regenerator.
- Low tendency for clogging

Of all checker systems, the chimney blocks, invented in 1979 by Veitscher Magnesitwerke, fulfill these requirements best.

Compared to simple basket weave lining, they enable much thinner channel walls and consequently a better surface to volume ratio.

Each chimney block in the checkerwork is 100% supported by the subjacent blocks and has direct contact with eight other blocks. Thus, a chimney block checkerwork is so stable that even if some carrier tiles are missing, the construction is not completely destabilized.

Other checker systems have non-supported areas (weak spots) in the setting, so that the resulting design is less stable.

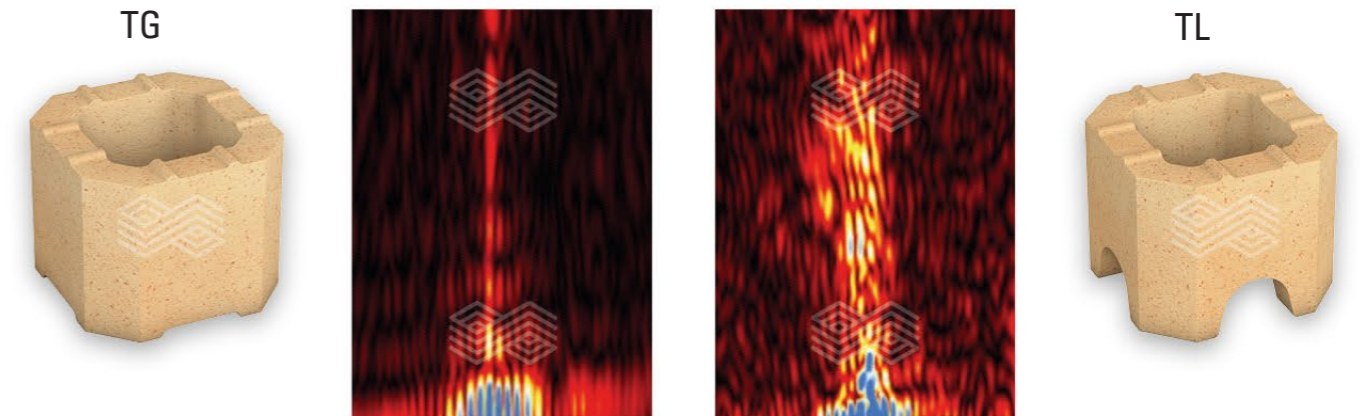
Режим потока

Сегодня как стандарт утвердились два формата насадок.

Формат TG без вырезов имеет наилучшую механическую прочность.

Формат TL (с вырезом в каждой стороне) был изобретен в 1982 г. и образует турбулентность в потоке отработавшего воздуха. Такая турбулентность способствует передаче тепла между отработавшим газом или воздухом и насадкой, повышая тем самым эффективность.

Для современных насадок регенератора используют формат TL в горячей зоне, а формат TG в зоне конденсации и в холодной зоне регенератора.



Стандартная высота современных насадочных камней 175 мм. Они представляют собой идеальный компромисс при выборе между удобством использования и длительностью монтажа.

Gas Flow Patterns

Two shapes of chimney blocks are predominant today.

The TG brick (without openings) provides the best mechanical stability.

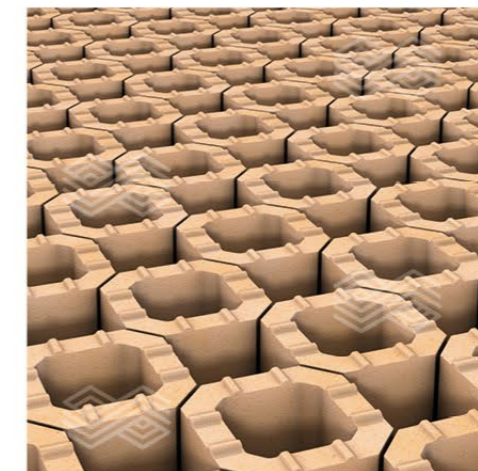
The TL brick (with openings on each side), invented in 1982, induces turbulences in the waste gas stream. Those turbulences improve the heat exchange between exhaust gas or air and the bricks and therefore the efficiency.

In modern checkerworks the TL shape is installed in the hot zone and TG shape in the condensation zone and cold zone of the regenerator.

Today chimney blocks have a standard height of 175 mm. They represent an ideal compromise between fast installation times and handling.

Shape	Flue size mm	Thickness mm	Height mm	Brick volume		Specific heat flux area	
				TG dm ³	TL dm ³	TG m ² /m ³	TL m ² /m ³
14/175	142	38	175	4.22	3.74	15.9	16.6
17/175	170	40	175	5.22	4.51	13.9	14.2

Brick volume / Объем камня
Flue size / Ширина канала
Height / Высота
Shape / Форма
Specific heat flux area /
Удельная площадь теплопередачи
Thickness / Толщина



Стойкость к химическим веществам

В последние годы почти все насадки выполнялись из магнезиального или бадделеито-магнезиального кирпича. Различная огнеупорная продукция адаптировалась специально под химические, тепловые и механические нагрузки отдельных регенераторов. Зарекомендовали себя такие сорта как ANKER DG1 и ANKER DG3 (магнезиальные) и RUBINAL EZ, а также RUBINAL VZ (бадделеито-магнезиальные). Новая разработка – это магнезиальный кирпич на шпинельной связке RUBINAL ESP.

Chemical Resistance

In recent years, most of the chimney block checkerwork has been constructed with magnesia or zircon-containing magnesia bricks. The various grades have been specifically adapted, thermal and mechanical requirements in the different zones of the regenerator. Proven grades are ANKER DG1, ANKER DG3 (magnesia), RUBINAL EZ and RUBINAL VZ (zircon-magnesia). The spinel-bonded magnesia brick RUBINAL ESP is a new development.

Механизм коррозии в печах для известково-натриевого стекла

Введение

На насадки регенератора оказывают воздействие несколько факторов:

- Частицы шихты
- Продукты сгорания жидкого или газообразного топлива
- Летучие соединения, выделяющиеся в процессе варки стекла

В дополнение к окислительным условиям, все более широко используются восстановительные газовые среды для понижения уровней NO_x в отходящем газе. В результате, огнеупорные материалы для насадок регенератора сталкиваются со все более жесткими условиями.

Corrosion Mechanisms in Soda-Lime Glass Furnaces

Introduction

The regenerator checkerwork can be attacked by several factors:

- Carryover from the glass batch
- Oil or gas combustion products
- Volatilization products from the glass melt

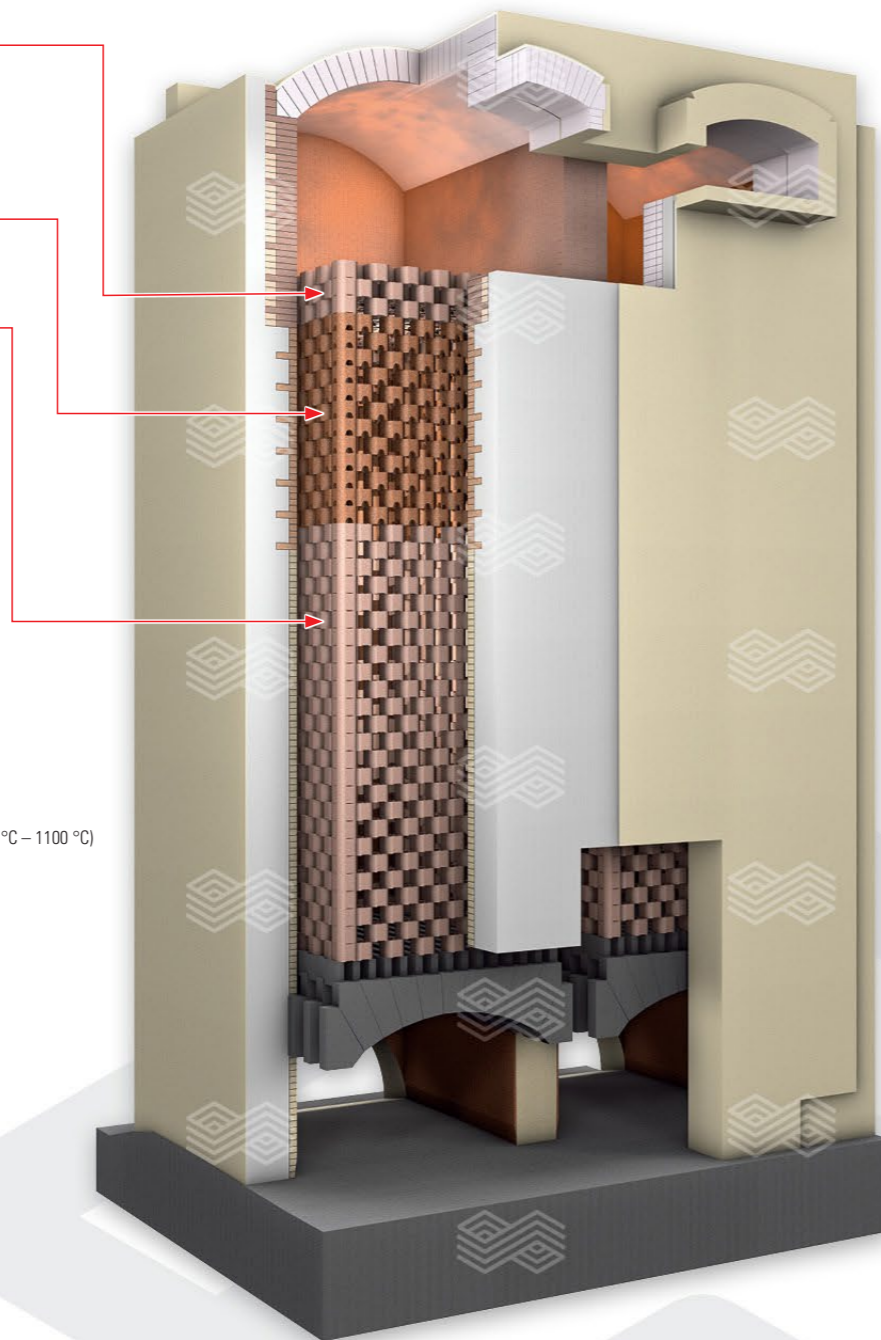
In addition to oxidizing conditions, reducing atmospheres are increasingly used to lower NO_x levels in the flue gas. As a result, the refractory materials used for the regenerator checkerwork face new challenges.

Top courses (2–4 layers)
RUBINAL VZ
DURITAL AZ58 TS
DURITAL RK10 TS
DURITAL K99EXTRA

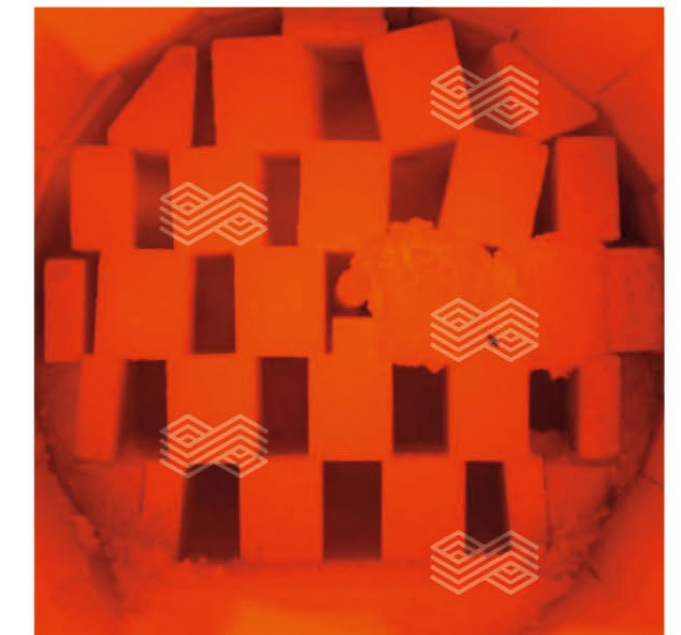
Middle courses (> 1100 °C)
RUBINAL VZ
ANKER DG1

Condensation zone (800 °C – 1100 °C)
and bottom courses (< 800 °C)
RUBINAL EZ
RUBINAL ESP

Top courses (2–4 layers) / Верхние ряды (ряды 2–4)
Middle courses (>1100 °C) / Средние ряды (>1100 °C)
Condensation zone (800 °C – 1100 °C) / Зона конденсации (800 °C – 1100 °C)
Bottom courses (< 800 °C) / Нижние ряды (< 800 °C)



Regenerator-Simulationstest
Модельное испытание регенератора



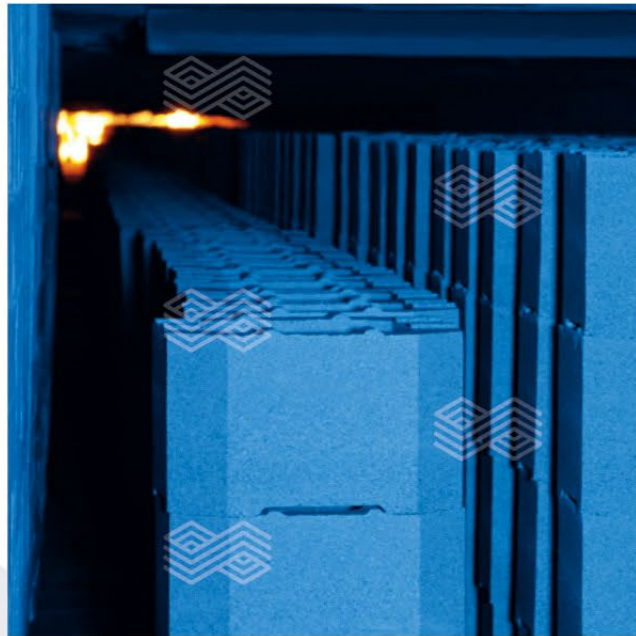
Воздействие на насадку в окислительных условиях

Верхние ряды и высокотемпературная зона (температурный диапазон > 1100 °C)

Основное разрушение в верхних рядах происходит вследствие попадания частиц песка. Если в качестве топлива используется необработанная нефть, может происходить разрушение из-за V_2O_5 . В таких условиях наиболее предпочтительно использовать для кладки верхних рядах RUBINAL VZ. В этих кирпичях периклазовые зерна защищены форстеритом и цирконием.

Как стойкий к воздействию CaO в верхних рядах насадки зарекомендовал себя DURITAL K99EXTRA. Если же предвидится воздействие мелкодисперсным стекломоем, рекомендуем выбрать DURITAL RK10 TS или альтернативу без хрома DURITAL AZ58 TS. Более детальную информацию можете найти на следующих страницах.

Для высокотемпературной зоны (где температурный диапазон доходит вплоть до 1100 °C) ANKER DG1 представляет собой наиболее оптимальный вариант для использования в газовых печах. Но если в качестве топлива использовать переработанную нефть, с более высоким содержанием оксида ванадия, лучше всего использовать RUBINAL VZ.



Реакции в верхних рядах и горячей зоне (> 1100 °C):

1. Воздействие SiO_2 :
 $2 MgO + SiO_2 \rightarrow$ форстерит ($M_2S = Mg_2SiO_4$) ($\Delta V=96\%$)
 дикальция силикат ($C_2S = Ca_2SiO_4$) + SiO_2 + $MgO \rightarrow$
 мервинит ($C_3MS_2 = Ca_3Mg(SiO_4)_2$), монтичеллит ($CMS = CaMgSiO_4$)
2. Воздействие V_2O_5 :
 дикальция силикат ($C_2S = Ca_2SiO_4$) + $V_2O_5 \rightarrow$
 Са-ванадат и Са-винадит (легкоиспаряющийся)
3. Воздействие CaO:
 форстерит ($M_2S = Mg_2SiO_4$) + $CaO \rightarrow$
 мервинит ($C_3MS_2 = Ca_3Mg(SiO_4)_2$), монтичеллит ($CMS = CaMgSiO_4$)

Замечание:
 Мервинит (C_3MS_2), точка плавления 1575 °C.
 Монтичеллит (CMS), точка плавления 1495 °C.

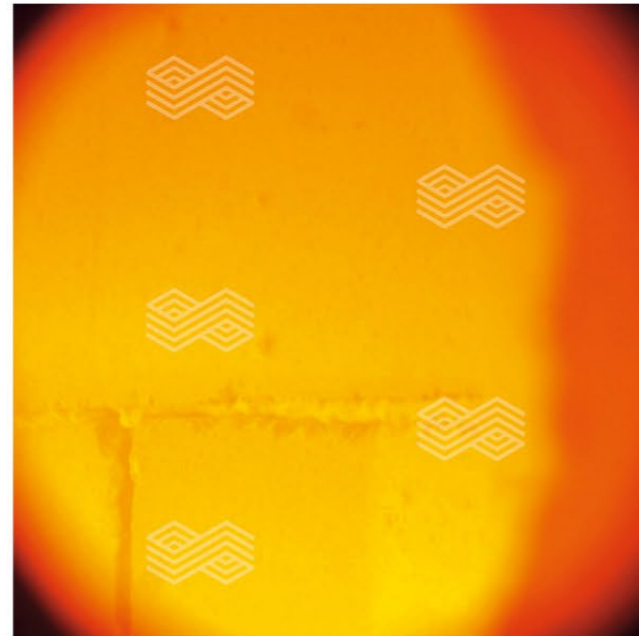
Attack in Oxidizing Conditions

Top checker courses and hot zone (temperature range > 1100 °C)

The main attack in the top courses is from the sand carryover. If heavy oil is used as a fuel, attack due to V_2O_5 can occur additionally. RUBINAL VZ has proven successful under such conditions. In these bricks the periclase grain is protected by a rim of forsterite and zirconia.

DURITAL K99EXTRA has provided best service results upon CaO attacking the top checker courses. DURITAL RK10 TS or the chrome-free alternative DURITAL AZ58 TS is recommended if there is an attack by fine glass cullets. More details are given on the following pages.

For the area below the top checker courses (up to a temperature range of 1100 °C) ANKER DG1 is suitable for gas-fired furnaces. In the case of firing with heavy oil, a higher V_2O_5 content is to be expected in the flue gas. Therefore, RUBINAL VZ is the appropriate choice.



Reactions in the top checker courses and hot zone (> 1100 °C):

1. SiO_2 attack:
 $2 MgO + SiO_2 \rightarrow$ forsterite ($M_2S = Mg_2SiO_4$) ($\Delta V=96\%$)
 dicalcium silicate ($C_2S = Ca_2SiO_4$) + SiO_2 + $MgO \rightarrow$
 merwinite ($C_3MS_2 = Ca_3Mg(SiO_4)_2$), monticellite ($CMS = CaMgSiO_4$)
2. V_2O_5 attack:
 dicalcium silicate ($C_2S = Ca_2SiO_4$) + $V_2O_5 \rightarrow$
 Ca vanadate and Ca vanadite
3. CaO attack:
 форстерит ($M_2S = Mg_2SiO_4$) + $CaO \rightarrow$
 мервинит ($C_3MS_2 = Ca_3Mg(SiO_4)_2$), монтичеллит ($CMS = CaMgSiO_4$)

Note:
 Merwinite (C_3MS_2), melting point 1575 °C.
 Monticellite (CMS), melting point of 1495 °C.

Зона конденсации (температурный диапазон 800 – 1100 °C) и нижние ряды (< 800 °C)

Отходящий газ содержит SO_2 из осветлителя стекломассы и продуктов горения нефти. Часть этого SO_2 реагирует с кислородом и образует SO_3 . NaOH, являющийся летучим соединением и выделяющийся из шихты в процессе варки стекла, вступает в реакцию с SO_3 и образует Na_2SO_4 . В зоне конденсации, Na_2SO_4 конденсируется и впитывается в кирпич, приводя к последующему уменьшению эластичности.

В дополнение к этому, избыточный SO_3 может вступать в реакцию с компонентами кирпича и привести к разрушению кирпича. Магнезиальноцирконовые кирпичи (такие как RUBINAL EZ) зарекомендовали себя в этой области. Периклазовые зерна в кирпичах также защищены форстеритом и цирконием, которые не подвергаются воздействию сульфатов или SO_3 .

Поскольку циркон используется для изготовления множества различных огнеупоров, наличие руды циркона ненадежно. По этой причине огнеупорная продукция, не содержащая циркон, все больше завоевывает интерес, например, RUBINAL ESP.

RUBINAL ESP – это магнезиальный кирпич с очень сильной шпинельной связующей матрицей. Такая шпинельная связующая матрица устойчива к сульфатам и защищает кристаллы периклаза. Поэтому горшечные камни из RUBINAL ESP можно использовать в зоне конденсации при окислительных условиях.

Как правило, используются RUBINAL EZ или RUBINAL ESP для нижних рядов.

Реакции при окислительных условиях в зоне конденсации (800 – 1100 °C):

1. Образование сульфата:
 $2 SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$
 $SO_3 + 2 NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
2. Воздействие SO_3 :
 $MgO + SO_3 \rightarrow MgSO_4$
 $CaO + SO_3 \rightarrow CaSO_4$
3. Воздействие Na_2SO_4 :
 $MgO + Na_2SO_4 \rightarrow$ Na-Mg-сульфаты

Condensation zone (temperature range 800 – 1100 °C) and bottom courses (< 800 °C)

The flue gas contains SO_2 from the refining agent and fired oil, if used. SO_2 reacts with oxygen to form SO_3 . NaOH, which is a volatilization product of the glass melt, reacts with SO_3 to form Na_2SO_4 . In the condensation zone of the checkerwork, the vaporous Na_2SO_4 condenses and infiltrates the brick, resulting in the subsequent reduction of brick elasticity.

In addition, excessive SO_3 can react with the brick components and lead to brick destruction. Based on these attack mechanisms, magnesia-zircon bricks (e.g. RUBINAL EZ) have provided good service results in this area. The periclase grains in the bricks are also protected by a rim of forsterite and zirconia, both of which are not attacked by sulfates or SO_3 .

Since zircon is widely used in different refractory products, the availability of this raw material cannot be guaranteed. Therefore, zircon-free magnesia products have become increasingly interesting. RUBINAL ESP, for example, was developed for this purpose.

RUBINAL ESP is a magnesia brick with a very strong spinel bonding matrix. This spinel bonding matrix is resistant to sulfate attack and protects the periclase crystals. Therefore, RUBINAL ESP chimney blocks can be used in the condensation zone of the regenerator in oxidizing conditions.

Currently, it is standard to use RUBINAL EZ or RUBINAL ESP for the bottom courses.

Reactions in oxidizing conditions in the condensation zone (800 – 1100 °C):

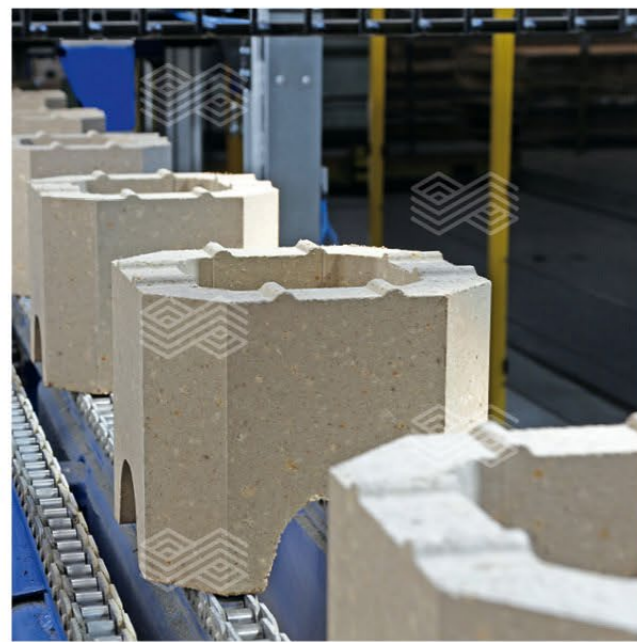
1. Sulfate formation:
 $2 SO_2 + O_2 \rightarrow 2 SO_3$
 $SO_3 + 2 NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
2. SO_3 attack:
 $MgO + SO_3 \rightarrow MgSO_4$
 $CaO + SO_3 \rightarrow CaSO_4$
3. Na_2SO_4 attack:
 $MgO + Na_2SO_4 \rightarrow$ Na-Mg sulfates

Воздействие при восстановительных условиях

Для верхних рядов и горячей зоны степень коррозии соизмерима, как при окислительных, так и при восстановительных условиях, но тем не менее, в зоне конденсации имеются свои отличия.

В восстановительной среде отходящий газ не содержит свободного кислорода. Поэтому SO_2 не окислен, а образование сульфата ограничено. Щелочь остается не связанной, как NaOH в отходящем газе. В результате, в зоне конденсации все огнеупоры, содержащие > 0,8 вес.% SiO_2 , подвергаются сильному воздействию NaOH.

При восстановительных условиях единственный устойчивый материал – это периклазовый кирпич на прямой связке (напр., ANKER DG1).



Реакции при восстановительных условиях в зоне конденсации (800 – 1100 °C):

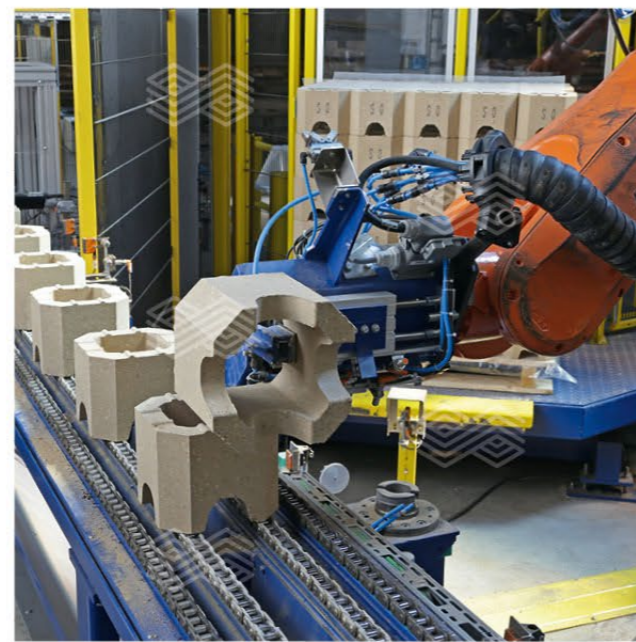
1. NaOH-воздействие на форстерит
форстерит ($M_2S = Mg_2SiO_4$) + NaOH → Na-Mg-силикаты + H_2O
2. NaOH-воздействие на силиманит, шамот, муллит, AZS:
 $AxSx + NaOH \rightarrow nepheline + Al_2O_3$ ($\Delta V=6-36\%$)
3. NaOH-воздействие на глинозём:
 Al_2O_3 (α -глинозём) + NaOH → β -глинозём ($\Delta V=28\%$)

Attack in Reducing Conditions

For the top courses and hot zone beneath, the corrosion phenomena are comparable in both oxidizing and reducing conditions. However, there are significant differences in the condensation zone.

In a reducing atmosphere the flue gas contains no free oxygen. Therefore, the SO_2 is not oxidized and, consequently, the formation of sulfate is not possible. Therefore, the alkalis, e.g. NaOH, will remain without bond in the flue gas. As a result, an intense attack by NaOH has to be expected on all refractories containing > 0.8% by weight of SiO_2 .

Under reducing conditions, the only reliable solution is the installation of magnesia bricks with direct bonding (e.g. ANKER DG1).



Reactions under reducing conditions in the condensation zone (800 – 1100 °C):

1. NaOH attack on forsterite
forsterite ($M_2S = Mg_2SiO_4$) + NaOH → Na-Mg silicates + H_2O
2. NaOH attack on silimanite, fireclay, mullite, AZS:
 $AxSx + NaOH \rightarrow nepheline + Al_2O_3$ ($\Delta V=6-36\%$)
3. NaOH attack on alumina:
 Al_2O_3 (α -alumina) + NaOH → β -alumina ($\Delta V=28\%$)

Современные решения по материалам для верхних рядов насадки

Верхние ряды насадки в особенности подвергаются коррозии. В этом месте нагрузка довольно сильная и определяется комбинацией различных факторов, таких как температура, поток и горячий материал. Современная тенденция в стекольной промышленности к экономии энергии и затрат влечет за собой одновременно больший поток (в случае наличия осколков или подогрева партии) и/или образует агрессивную атмосферу в отработавшем газе (в случае использования альтернативных горючих материалов). В таких условиях зарекомендовавший себя бадделито-магнезиальный кирпич (RUBINAL VZ) демонстрирует слабые места, а выбор материалов для верхних рядов насадки регенератора превращается в сложную задачу. В этой подвергающейся многим воздействиям зоне вместо магнезиальных нужны другие огнеупорные материалы.

Компания RHI Magnesita может поставлять почти все имеющиеся сорта огнеупоров в формате горшечных камней и, таким образом, отвечать специфическим требованиям клиента. Для сложных условий первый выбор – это корундовый кирпич. Но этот кирпич подвергается воздействию мелкой стекловой шихты. Кроме того, корундовый кирпич нельзя использовать при температуре ниже 1350 °C, так как он может разлагаться за счет образования глинозема. Для таких условий рабочим решением станет DURITAL AZ58 на основе циркономуллита. Но максимальную прочность к коррозии имеет хромокорундовый материал DURITAL RK10. В таблице представлен обзор рекомендаций компании RHI Magnesita относительно использования в верхних рядах при различных условиях.

Пример для индивидуального решения по сортам огнеупоров для верхних рядов насадки: верхний ряд хромокорундовый (DURITAL RK10) для очень сильного потока и стекловой шихты в отработавшем газе (a) или верхний ряд циркономуллитовый (DURITAL AZ58) для преимущественно стекловой пыли в отработавшем газе (b).

Advanced Material Solutions for Checkerwork Top Layers

The top layer of the checkerwork is particularly exposed to corrosion. In this special position, wear is very intense and depends on a combination of different factors such as temperature, carry-over and fuel. The current trend towards energy and cost saving in the glass industry at the same time causes more carry-over (in case of cullet or batch preheating) and/or creates an aggressive atmosphere in the waste gas (in case of use of alternative fuel). Under these conditions the proven magnesia zircon brick (RUBINAL VZ) shows weaknesses, and the material choice for regenerator checker work top layers becomes a great challenge. Other refractory grades than magnesia are required in this exposed area.

As RHI Magnesita offers nearly any available refractory grade in chimney block format, we are able to react to the specific requirements of our customers. High alumina is the first choice in demanding conditions. However, it is attacked by fine glass cullet. Additionally, it should not be used at temperatures below 1350 °C, where the formation of β -alumina may destabilize the material. When these conditions occur, DURITAL AZ58, based on zircon mullite, is a well-performing solution. The highest corrosion resistance, however, is achieved by the chrome corundum material DURITAL RK10. The table below gives an overview of RHI Magnesita recommendations for bonded refractories for the top checker layers in various conditions.

Examples of individual solutions with refractories for the top checker layers are, for example, the top checker layer with chrome corundum (DURITAL RK10) for extremely strong carry-over and fine cullet in waste gas (a) or the top checker layer with zircon mullite (DURITAL AZ58) for dominant fine cullet in waste gas (b).

	Sand carry-over	Sand carry-over with CaO	Fine glass cullet	"Worst case" (carry-over + cullet)
High waste gas temperature on regenerator top: > 1350 °C	Magnesia Zircon RUBINAL VZ	Rebonded fused corundum DURITAL K99EXTRA	Zircon mullite DURITAL AZ58	Chrome Corundum DURITAL RK10
Lower waste gas temperature on regenerator top: 1300-1350 °C	Magnesia Zircon RUBINAL VZ	Zircon mullite DURITAL AZ58	Zircon mullite DURITAL AZ58	Chrome Corundum DURITAL RK10
The temperature range is only a reference and can be shifted because of other factors like the alkali concentration in the waste gas. Температурный диапазон является только эталонным и может быть сдвинут из-за других факторов, таких как концентрация щелочи в отработанном газе.				



(a)



(b)

Chrome Corundum / Хром корунд
Fine glass cullet / Мелкодисперсный стеклобой
High waste gas temperature on regenerator top: > 1350 °C /
Высокая температура отработавших газов в верхней части регенератора: > 1350 °C
Lower waste gas temperature on regenerator top: 1300-1350 °C /
Более низкая температура отработанного газа в верхней части регенератора: 1300-1350 °C
Magnesia / Магнезия
Rebonded fused corundum / Плавленный корунд на керамической связке
Sand carry-over / Запыление песком
Sand carry-over with CaO / Запыление песком и кальцием
Zircon / Циркон
Zircon mullite / Циркон муллит
"Worst case" (carry-over + cullet) / «Худший случай» (запыление + стеклобой)

RUBINAL ESP

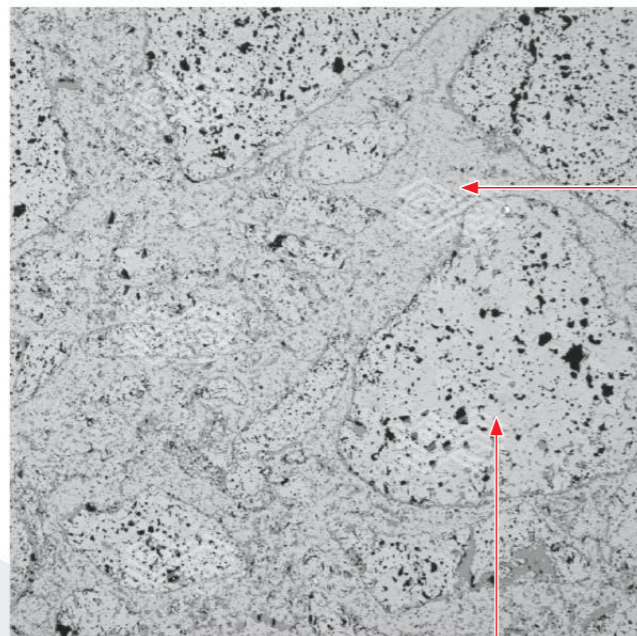
Магнезиальный кирпич на шпинельной связке для зоны конденсации насадки регенератора

Критическая зона в регенераторе – это зона с температурой между 1100 до 700 °С, так как сама насадка под воздействием сульфатов щелочного металла и газообразного SO₃ может подвергаться коррозии. Уже многие годы хорошо зарекомендовал себя используемый здесь кирпич RUBINAL EZ. В качестве сырья для производства этого материала используется циркон (ZrSiO₄). При этом кристаллы магнезии (т. е. периклаза) защищены связующей матрицей, которая состоит из форстерита (2MgO·SiO₂) и диоксида циркония (ZrO₂), образующегося при обжиге огнеупорного кирпича на производстве.

Поскольку циркон используется для изготовления многих различных огнеупоров, наличие руды циркона ненадежно. По этой причине огнеупорная продукция, не содержащая циркон, все больше завоевывает интерес. Пример: RUBINAL ESP.

Свойства RUBINAL ESP

RUBINAL ESP – это магнезиальный кирпич с очень сильной шпинельной связующей матрицей. Шпинельная фаза образуется частично в процессе обжига на производстве. Она устойчива к сульфатам и защищает кристаллы периклаза. Поэтому горшечные камни из RUBINAL ESP можно использовать в зоне конденсации при окислительных условиях. Но применять RUBINAL ESP при восстановительных условиях, напротив, не рекомендуется.



Шпинельная связующая матрица / Spinel-bonding matrix

Периклаз / Periclase

RUBINAL ESP

A spinel-bonded magnesia brick for the checker condensation zone

In the regenerator, the temperature zone between 1100 and 700 °C is the most critical region for the checkerwork. Condensing alkali sulfates as well as gaseous SO₃ corrode the checker material. For many years, Rubinal EZ has provided excellent results. In these checkers zircon (ZrSiO₄) is one of the raw materials. The coarse magnesia crystals (i.e. periclase) are protected by a bonding matrix consisting of forsterite (2MgO·SiO₂) and zirconia (ZrO₂), which is formed during the firing process of the bricks.

Since zircon is widely used in different refractory products, the availability of this raw material cannot be guaranteed. Therefore, zircon-free products such as RUBINAL ESP have become increasingly important.

Characteristics of RUBINAL ESP

RUBINAL ESP is a magnesia brick with a very strong spinel bonding matrix. Part of the spinel is formed in situ during the firing process. The spinel bonding matrix is resistant to sulfate attack and protects the periclase. Therefore RUBINAL ESP chimney blocks can be used in the condensation zone of the regenerator under oxidizing conditions. However, the application of RUBINAL ESP under reducing conditions is not recommended.

Первый опыт в стекольной промышленности

В 2007 г. материал RUBINAL ESP был использован в зоне конденсации регенератора известково-натриевой стекловаренной ванны печи в процессе промежуточного ремонта. В 2010 г. печь охлаждали для текущего ремонта. Использованный кирпич был обследован.

Было видно невооруженным глазом, что магнезиальный кирпич на шпинельной связке (RUBINAL ESP) после использования в течение 3-х лет безупречен (изображение ниже).

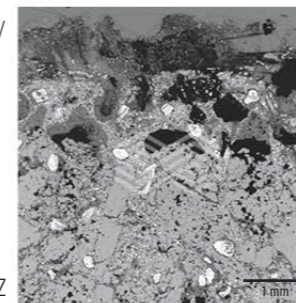


Был изучен бадделеито-магнезиальный кирпич (RUBINAL EZ) из зоны конденсации и магнезиальный кирпич на шпинельной связке (RUBINAL ESP) непосредственно над рядом RUBINAL EZ, чтобы сравнить оба сорта.

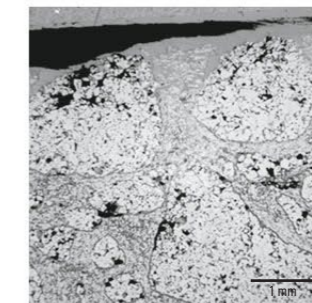
Обследование бадделеито-магнезиального кирпича (RUBINAL EZ) под микроскопом не показало видимых разрушений матрицы из форстерита и ZrO₂ (a). В то время как кристаллы периклаза на горячей поверхности были незначительно подвержены коррозии, структура кирпича под горячей поверхностью оставалась нетронутой.

В микроструктуре магнезиального кирпича на шпинельной связке (RUBINAL ESP) почти не видно изменений шпинельной матрицы (b). Подобно бадделеито-магнезиальному кирпичу на кристаллах периклаза с горячей стороны видны незначительные следы коррозии, а непосредственно под горячей поверхностью структура связей осталась прежней.

Горячая сторона / Hot face



(a) RUBINAL EZ



Горячая сторона / Hot face

(b) RUBINAL ESP

Вывод

В известково-натриевой стекловаренной ванны печи при окислительном розжиге основное воздействие на огнеупоры в зоне конденсации регенератора вызвано Na₂SO₄ и SO₃. При таких условиях кирпич насадки на шпинельной связке RUBINAL ESP показал высокую устойчивость к Na₂SO₄ и SO₃.

First experience in the glass industry

In 2007, RUBINAL ESP was installed for the first time in the condensation zone of a regenerator in a soda-lime glass tank as part of intermediate repair work. In 2010, the furnace was cooled down for general maintenance work. The installed bricks were carefully examined.

Macroscopically, the spinel-bonded magnesia bricks (RUBINAL ESP) are in superb condition after a service life of 3 years (see picture below).

The magnesia zircon bricks (RUBINAL EZ) from the condensation zone and the spinel-bonded magnesia bricks (RUBINAL ESP) directly above this RUBINAL EZ layer were analyzed to compare the two brick grades.

The microscopic examination of the magnesia zircon brick (RUBINAL EZ) showed no visible attack on the matrix consisting of forsterite and ZrO₂ (a). Whereas the periclase crystals on the hot surface are slightly corroded, the brick structure beneath the hot surface is untouched.

Concerning the spinel-bonded magnesia brick (RUBINAL ESP), the microstructure shows hardly any attack on the spinel matrix (b). Similar to the magnesia zircon brick, the periclase crystals on the hot face only show slight corrosion and the bond structure did not change directly below the hot surface.

Conclusion

In a soda-lime glass tank with oxidizing fueling the main attack in the condensation zone of the regenerator is caused by Na₂SO₄ and SO₃. In these conditions the spinel-bonded checker bricks RUBINAL ESP show high resistance to Na₂SO₄ and SO₃.

Резюме

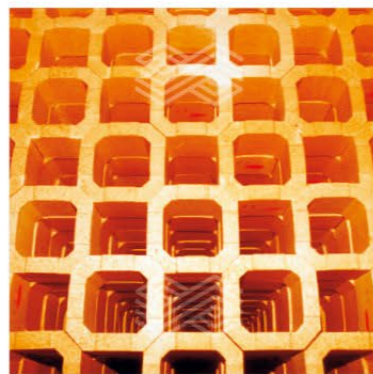
Summary

Рекомендации по насадкам регенератора в стекловаренных печах для производства известково-натриевого стекла /
Recommendations for the regenerator checkerwork in soda-lime glass furnaces:

	In oxidizing conditions	In reducing conditions
Top courses	RUBINAL VZ DURITAL K99EXTRA DURITAL AZ58 TS DURITAL RK10 TS	
Hot zone	ANKER DG1 (gas firing) RUBINAL VZ (heavy oil firing)	
Condensation zone	RUBINAL EZ RUBINAL ESP	ANKER DG1
Bottom courses	RUBINAL EZ RUBINAL ESP	ANKER DG1

AP Кажущаяся пористость / Apparent porosity
BD Кажущаяся плотность / Bulk density
CCS Предел прочности при сжатии при комнатной температуре / Cold crushing strength
RUL T_{0.5} Температура начала деформации под нагрузкой / Refractoriness under load
TE Тепловое расширение / Thermal expansion
Bottom courses / Нижние ряды
Condensation zone / Зона конденсации
Gas firing / Газовое топливо
Grade / Сорт
Heavy oil firing / Жидкое топливо
Hot zone / Высокотемпературная зона
In oxidizing conditions / При окислительных условиях
In reducing conditions / При восстановительных условиях
Top courses / Верхние ряды

Grade	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	CaO	MgO	ZrO ₂	BD	AP	CCS	RUL	TE
	%	%	%	%	%	%	%	g/cm ³	vol.%	N/mm ²	T _{0.5} °C	1400 °C %
ANKER DG1		0.6	0.5		1.6	97.0		2.96	15.9	70	> 1700	1.95
ANKER DG3		4.0	0.5		1.6	93.9		3.02	15.0	80	1600	1.95
RUBINAL VZ		8.5	0.4		0.6	76.5	14.0	3.19	11.0	110	1670	1.80
RUBINAL EZ		10.5	0.5		1.2	73.7	14.0	3.10	14.5	90	1570	1.80
RUBINAL ESP	26.5	1.7	0.3		1.5	70.0		3.00	15.0	60	1590	1.40
DURITAL K99EXTRA	99.3	0.2	0.1					3.23	18.0	75	> 1700	1.20 (1500 °C)
DURITAL AZ58	58.0	13.0					28.0	3.20	13.5	125	1670	0.65 (1500 °C)
DURITAL RK10	85.0			10.5				3.33	15.5	150	> 1700	1.00 (1500 °C)



Опыт

Во всем мире для более 90 % ванн печей варки тарного стекла используют регенеративный обогрев. Более 50 % регенераторов оснащены насадкой из горшечного камня. Последние 30 лет насадки из горшечного камня производства RHI Magnesita успешно используются во всех традиционных типах ванн стекловаренных печей:

- Ванные печи с подковообразным пламенем (работающие на газу или жидком топливе)
- Ванные печи с поперечными горелками, например: ванные печи для варки флоат-стекла (работающие на газу или жидком топливе)

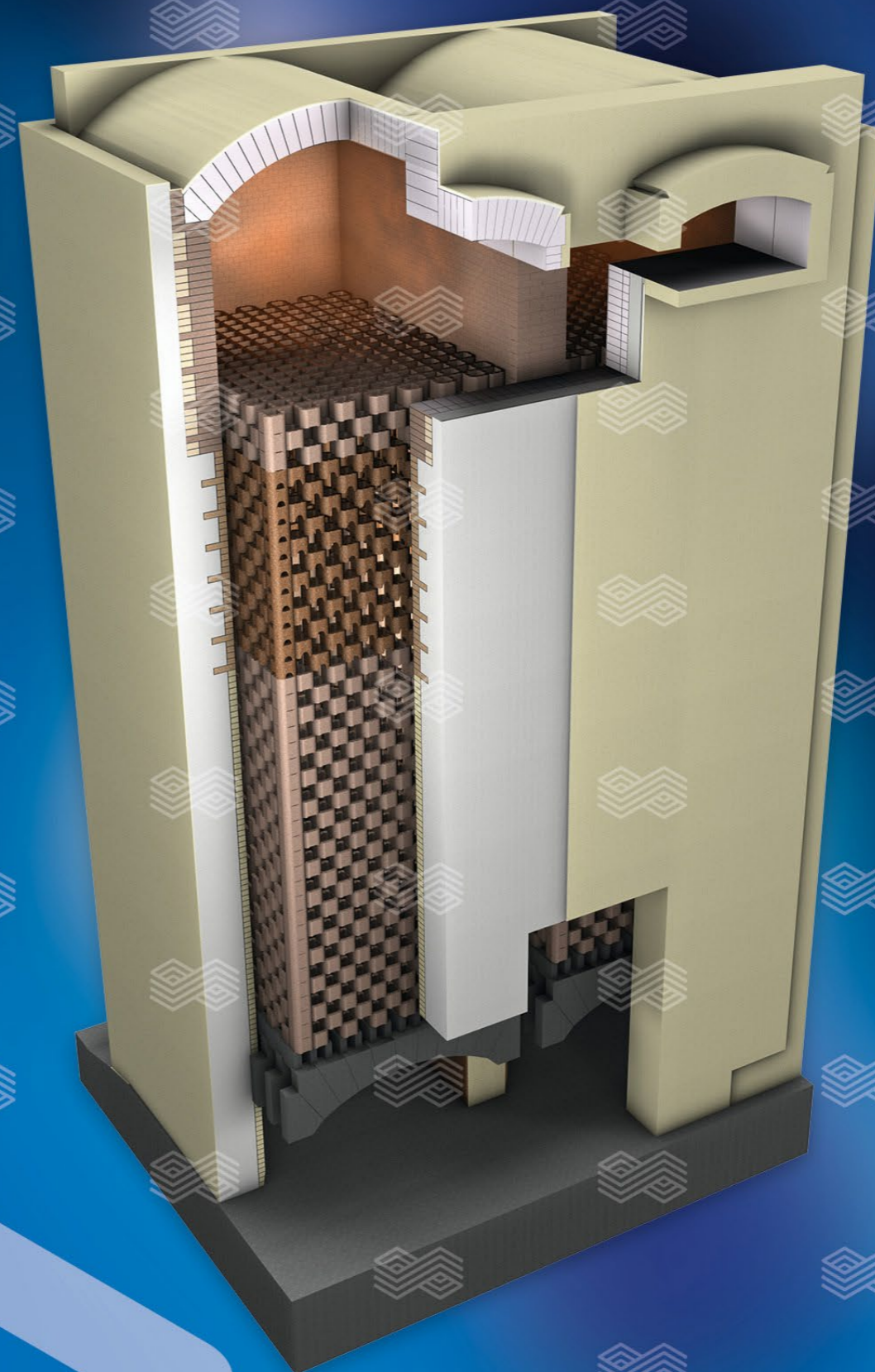
70 % всех насадок из горшечного камня выполнены из материалов RHI Magnesita.

Experience

More than 90% of the container glass furnaces worldwide are heated regeneratively. More than 50% of the regenerators are equipped with a chimney block checkerwork. Over the last 30 years, RHI Magnesita chimney blocks have been successfully installed in all standard glass furnaces:

- End-fired furnaces (oil and gas fired)
- Cross-fired furnaces, e.g. float glass furnace (oil and gas fired)

About 70% of all chimney block checkerworks were supplied by RHI Magnesita.



Imprint:

Media owner and publisher: RHI MAGNESITA, RHI Feuerfest GmbH, Wienerbergstrasse 9, 1100 Vienna, Austria

Produced by: RHI Magnesita — 05 / 2018-30-RU/EN

Place of publication and production: Vienna, Austria

Copyright notice:

The texts, photographs and graphic design contained in this publication are protected by copyright. Unless indicated otherwise, the related rights of use, especially the rights of reproduction, dissemination, provision and editing, are held exclusively by RHI Magnesita. Usage of this publication shall only be permitted for personal information purposes. Any type of use going beyond that, especially reproduction, editing, other usage or commercial use is subject to explicit prior written approval by RHI Magnesita.

RHI GLAS GmbH

Hagenauer Strasse 53-55a, 65203 Wiesbaden, Germany

T +49 611 2365 12 F +49 611 2365 535

E glass@rhimagnesita.com



RHI MAGNESITA

rhimagnesita.com

