РАЗДЕЛ X. МЕТАЛЛУРГИЯ

Багайсков Ю.С.

Влияние вылеживания масс на прочностные свойства графитосодержащих изделий

*Волжский политехнический институт Волгоградского государственного
технического университета
(Россия, Волжский)*

doi: 10.18411/lj-05-2020-52

idsp: ljjournal-05-2020-52

Аннотация

Основными проблемами работоспособности графитосодержащих изделий являются высокая степень окисляемости графита и недостаточная механическая прочность. Установлено, что данные показатели зависят от влажности смесей и от величины рабочего давления формования, содержания связующей глины, причем могут улучшаться при увеличении времени их вылеживания до формования. Этот эффект снижается при частичной замене глины каолином. Рациональным следует считать вылеживание смесей в течение 24-48 часов.

Ключевые слова: графит, глина, каолин, формование, влажность, вылеживание, работоспособность, окисляемость, прочность.

Abstract

The main operational capacity issues of graphite-bearing items are high oxidation susceptibility of graphite and insufficient mechanical strength. It is known that these parameters depend on the mix moisture content, the operating molding pressure value, and the bonding clay content; besides, the parameters can improve in case the storing time until molding is extended. This effect decreases, if the clay is partially replaced by kaolin. The rational time of storing mixes should be 24 – 48 hours.

Key words: graphite, clay, kaolin, molding, moisture, storing, operational capacity, oxidation susceptibility, strength.

Композиционный материал – это гетерофазная система, состоящая из разных материалов, каждый из которых имеет свои определенные свойства и назначение применительно к конкретному изделию, которые используются совместно и должны рассматриваться как единая композиция, обладающая определенным сочетанием свойств и, соответственно, назначением [1].

Один из компонентов, в основном обладающий непрерывностью по всему объему, является матрицей, другие компоненты, разделенные в объеме композиции, считаются усиливающими или армирующими. В зависимости от методов формообразования и связанных с ними типов связующих матриц определяется собственно вид самого изделия, состав компонентов смесей, структура композита, уровень механических свойств.

К таким изделиям можно отнести графитосодержащие изделия, чаще всего огнеупорного назначения, на глинистой связке. Эти изделия (тигли, муфели, реторты, воронки, подставки) изготавливаются различными методами, в том числе обычным и гидростатическим прессованием из полусухих смесей, а также пластическим формованием, с последующей сушкой и обжигом в печах [2].

В состав их композиционного материала входят следующие компоненты: графит тигельный, глина огнеупорная, каолин, карбид кремния различных зернистостей (1250-100 мкм), кремний металлический или ферросилиций [3].

Основной компонент смеси – графит, он не смачивается расплавами металла, обладает большой теплопроводностью и электропроводностью, химически инертен, может претерпевать пластические деформации [4,5].

В идеале такое огнеупорное изделие может состоять из одного графита. Однако существенный недостаток графита – окисление при температурах выше 700 °С – исключает такую возможность. Чем крупнее чешуйка графита, тем выше термическая стойкость изделий из графита.

Связующая глина должна обладать низкой температурой спекания, минимальной пористостью и высокой огнеупорностью [6]. Глина за счет высокой пластичности создает пленку на частицах графита, которая предохраняет его от выгорания.

Для придания материалу механической прочности, жесткости, повышения теплопроводности и термической стойкости в их состав входит карбид кремния, кремний металлический или ферросилиций. Кремний металлический и ферросилиций при высокой температуре образуют с углеродом карбиды кремния и железа, в основном, в аморфном состоянии, цементирующие графитосодержащие смеси и предохраняющие графит от окисления.

Основным критерием работоспособности изделий из полусухих смесей является стойкость, связанная с окисляемостью графита, пластичных – термостойкость. Общая проблема – недостаточная механическая прочность, неравномерность и нестабильность свойств.

Смесь для полусухого формования обычно готовится с влажностью 10 – 12 %. На рис. 1 приведены зависимости прочностных показателей образцов, отформованных при давлениях 15 и 60 МПа, от степени влажности смесей.

Видно, что если на прочность при изгибе образцов и свежесформованных и обожженных, отформованных при 15 МПа, изменение влажности смеси практически не повлияло, как и на прочность при сжатии образцов после обжига, то прочность при сжатии сырых образцов с уменьшением влажности возросла примерно в 1,8 раза. При давлении 60 МПа прочность при изгибе и сжатии сырых образцов с уменьшением влажности до 8 % увеличилась почти в 2 и 3 раза соответственно, а обожженных – примерно в 1,3 раза. Таким образом, эффект от повышения давления формования наблюдается только при одновременном снижении влажности смеси. Это связано с содержанием в смеси огнеупорной глины с пластическими свойствами

Рис. 1. Зависимость прочности при изгибе (1,3) и при сжатии (2,4) образцов свежесформованных (а) и обожженных (б) от степени влажности смеси при давлении формования 15 МПа (1,2) и 60 МПа (3,4)

При этом приготовление смеси с влажностью менее 8 % не совсем практично, так как недостаточно используется пластичность глиняной связки для обеспечения однородности смеси, равномерного обволакивания глиняной связкой частиц графита и карбида кремния. Смеси же с влажностью более 14 % плохо протираются через сетку, липнут, при формовании сопротивляются сжатию и после снятия нагрузки расслаиваются.

Но снижения влажности смесей перед формовкой можно достигать и их вылеживанием. На рис. 2 показана зависимость прочности при сжатии свежесформованных образцов от времени выдержки смесей при различном давлении формования. С увеличением времени выдержки перед формованием до 24 и до 48 часов прочность образцов возрастает почти в три раза, при одновременном повышении давления формования с 15 до 60 МПа – еще дополнительно на 30 %.

Рис. 2. Зависимость прочности при сжатии свежесформованных образцов от времени выдержки смесей до формования с давлением 15 МПа (1) и 60 МПа (2)

При введении в формовочную смесь за счет части глины каолина, то есть, при так называемом отощении смеси (снижении ее пластичности) эффект от вылеживания уменьшается или совсем исчезает [7]. Это подтверждают результаты, приведенные на рис. 3.

Ограниченный эффект от повышения давления формования объясняется достаточно высокой пластичностью, а, значит, и несжимаемостью формируемых смесей на глинистой связке. В особенности это проявляется в случае введения в смеси бетонита, имеющего наибольшую пластичность среди глинистых материалов. Для масс с бентонитом, как при переувлажнении смесей, практически не получено увеличения прочности образцов с повышением давления формования.

Дополнительно установлено, что после обжига образцов с уменьшением содержания глины и графита при одновременном увеличении содержания карбида кремния плотность в основном возрастает. В то же время пористость и окисляемость уменьшаются, прочность при сжатии и при изгибе возрастает, однако только при снижении содержания глины от 38 % до 22 – 15%.

Рис. 3. Зависимость прочности при сжатии свежесформованных образцов от времени вылеживания смесей до формования смесей стандартной (1), с 36 % каолина (2) и 52 % каолина (3)

Эффективность увеличения давления формования с 15 до 60 МПа в наибольшей степени достигается при содержании глины 10 – 22 %: наблюдается повышение значений прочности при сжатии и изгибе на 60 %, снижение окисляемости на 15 %.

Таким образом, в результате исследований установлено, что прочностные показатели изделий, заформованных из графитосодержащих смесей, зависят от влажности смесей и от величины рабочего давления формования, содержания связующей глины, причем могут корректироваться увеличением времени их вылеживания до формования. Чем больше время вылеживания, тем выше прочностные показатели, ниже окисляемость, этот эффект снижается при отощении смесей, то есть частичной замене глины каолином. Рациональным для прочностных и термических свойств изделий следует считать вылеживание смесей влажностью 8-10% в течение 24-48 часов.

1. Браутман, Л. Композиционные материалы. Разрушение и усталость / Л. Браутман, Р. Крок. - М.: Мир, 1978. - 167с.
2. Стрелов, К. К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К. К. Стрелов. - М.: Metallurgiya. - 1985. - 480 с.
3. Кайнарский, И. С. Процессы технологии огнеупоров / И. С. Кайнарский. - М.: Metallurgiya. - 1969. - 350 с.
4. Капленко, О.Г. Чистота графитовых и углеродных композиционных материалов/ О.Г. Капленко, И.В. Гурин, Г.С. Яковицкая// Вопросы атомной науки и техники. - 2011. - №2. - С. 132-136.
5. Баранов, В.Н. Активация графита различного кристаллохимического строения для огнеупорных изделий и красок в литейном производстве/ Дисс. к.т.н. - 2005. - 131 с.
6. Багайсков, Ю. С. Влияние некоторых технологических факторов на свойства графитосодержащих изделий на глинистом связующем / Ю. С. Багайсков, Г. П. Крухмалева, Л. Д. Кулакова // Огнеупоры. - 1990. - № 2. - С. 16 – 17.
7. Багайсков, Ю. С. Свойства огнеупорных графитосодержащих тиглей на глинокаолиновом связующем / Ю. С. Багайсков, Г. П. Крухмалева, М. П. Шаповалова // Огнеупоры. - 1989. - № 8. - С. 3 – 4.