

Горение прессованных образцов гетерогенных систем в условиях воздействия постоянной осевой механической нагрузки

В. Ф. Проскудин, Е. Н. Беляев

На примере гетерогенной системы $Ti+C+20\%TiC$ изучена динамика роста высоты прессованных образцов при горении в условиях воздействия на торцы образцов сжимающего усилия постоянной величины. Получено, что в исследованном диапазоне сжимающих усилий от 0,1 до 2 кг/см² рост высоты горящих образцов во времени подчиняется линейному закону, причем при воздействии сжимающего усилия $\sim 0,1$ кг/см² рост высоты образца при горении составляет $\sim 100\%$, а при воздействии усилия ~ 2 кг/см² — около 25%. При этом использованный метод измерения динамики роста высоты образцов при их горении оказался весьма полезным инструментом для экспериментального определения времени горения образцов и времени задержки передачи горения через преграду.

Известно, что твердопламенное горение довольно часто сопровождается перемещением вещества в горящем образце. При отсутствии жесткой оболочки изменение размеров образца при горении можно отнести к одному из двух типов (II или III), описанных в монографии [1]. Тип II характеризуется сохранением формы горящего образца при сильном изменении его размеров, в частности длины при сохранении диаметра (впервые перемещение вещества по типу II было обнаружено при изучении горения системы $Ti + 2B$ [2–4]). Тип III характеризуется изменением не только размеров, но и формы горящего образца.

При сжигании образцов в жесткой полузамкнутой оболочке возможна ситуация, когда размеры и форма образца при горении не меняются (тип I [1]), а перемещение вещества происходит только внутри горящего образца [5]. Причем перемещение вещества при этом может наблюдаться как во фронте горения, так и за фронтом и перед фронтом горения [6–10].

Перемещение (деформация) вещества в горящем образце приводит к изменениям не только параметров горения, в частности скорости горения [2–4], но и параметров передачи горения через преграду [7, 9, 10], что необходимо учитывать в экспериментальных работах. Деформация в горящем веществе учитывается также и в расчетно-теоретических работах, посвященных изучению горения гетерогенных систем [11–16].

Экспериментальное изучение динамики перемещения вещества при горении образцов, находящихся в жесткой оболочке, удобно проводить методом импульсного рентгеновского просвечивания [7, 8]. Для образцов же, горящих в отсутствие жесткой оболочки, судить о динамике перемещения вещества в процессе горения можно в первом приближении, регистрируя изменение высоты образцов Δl во времени простейшим механическим датчиком. Именно этот метод был использован в настоящей работе. В качестве гетерогенной системы использовали смесь $Ti + C + 20\%TiC$, приготовленную в шаровой мельнице [6]. Из этой смеси прессовали образцы диаметром 8 мм и высотой $l = 4$ или 7 мм по технологии, описанной в [17], т. е. с формированием в процессе прессования бумажной (из обеззоленной фильтровальной бумаги марки "синяя лента") оболочки на цилиндрической поверхности образцов. При этом торцы образцов оставались открытыми. Образцы прессовали, подавая на пуансон усилие 1 т (т. е. давление прессования составляло $\sim 2 \cdot 10^2$ МПа). В результате получались образцы из смеси $Ti + C + 20\%TiC$ с относительной плотностью 0,67.

Сжигание образцов проводили на лабораторной установке, позволяющей непрерывно регистрировать рост высоты образца при его горении и время горения (рис. 1). Узлы установки закрепляли на лабораторном штативе 1. Для зажигания образца 5 использовали электровоспламенитель, представляющий собой пластмассовый корпус 2, содержащий два электрода 3, между которыми в полости, содержащей воспламенительный состав $3Zr + 2WO_3$ 4, находился присоединенный к ним нихромовый мостик накаливания. Для облегчения зажигания состава $3Zr + 2WO_3$ на мостик накаливания помещали небольшое количество более чувствительного к тепловому воздействию от нагретого мостика состава, приготавливаемого на основе смеси порошков циркония и свинцового сурика [18]. Полость в корпусе электровоспламенителя, в которой размещался воспламенительный состав 4, имела диаметр 7 мм и глубину 1,5 мм. Воспламенительный состав 4 запрессовывали в полость корпуса 2 до уровня торцевой поверхности корпуса. Относительная плотность запрессовки смеси $3Zr + 2WO_3$ составляла 0,65.

Образец 5 устанавливали на верхний торец электровоспламенителя соосно прессовке 4 и сверху на образец соосно ему помещали стальную вставку 6 в виде цилиндра диаметром 8 мм и высотой 7 мм. Затем на эту вставку опускали стальной шток 8, свободно перемещающийся во втулке 9 и имеющий на нижнем торце электроизоляционную прокладку 7. Изменяя размеры (а соответственно и массу) штока, можно было варьировать величину усилия, действующего на образец в осевом направлении. В наших опытах осевое усилие варьировалось от 0,04 до 1 кг.

Верхняя часть штока находилась в контакте с толкателем 10, предназначенным для приведения в действие механизма регистрации перемещения штока. Этот механизм представлял собой агрегат (содержащий потенциометр 14, подвижный контакт 13, рычаг 12 и т. д.), извлеченный из серийно выпускаемого датчика давления типа МД и присоединенный к втулке 11 нашего изготовления. На потенциометр 14 подавалось постоянное напряжение U_0 , а с подвижного контакта 13 снималось напряжение $U_{\Delta l}$, пропорциональное величине перемещения штока, т. е. значению Δl .

Регистрацию времени горения образца τ_c проводили, фиксируя ЭДС горения [19] между двумя электрическими контактами, одним из которых являлся один из электродов 3 электровоспламенителя, а вторым – стальная вставка 6. С этих контактов снимали напряжение U_e , складывающееся из суммы паразитных термоЭДС (включая ЭДС горения воспламенительных составов), являющихся неким фоном в измерительной электрической цепи, и полезного сигнала – ЭДС горения смеси $Ti + C + 20\%TiC$ [17]. Время, в течение которого наблюдалось наличие ЭДС горения смеси $Ti + C + 20\%TiC$, можно было считать временем горения образца τ_c .

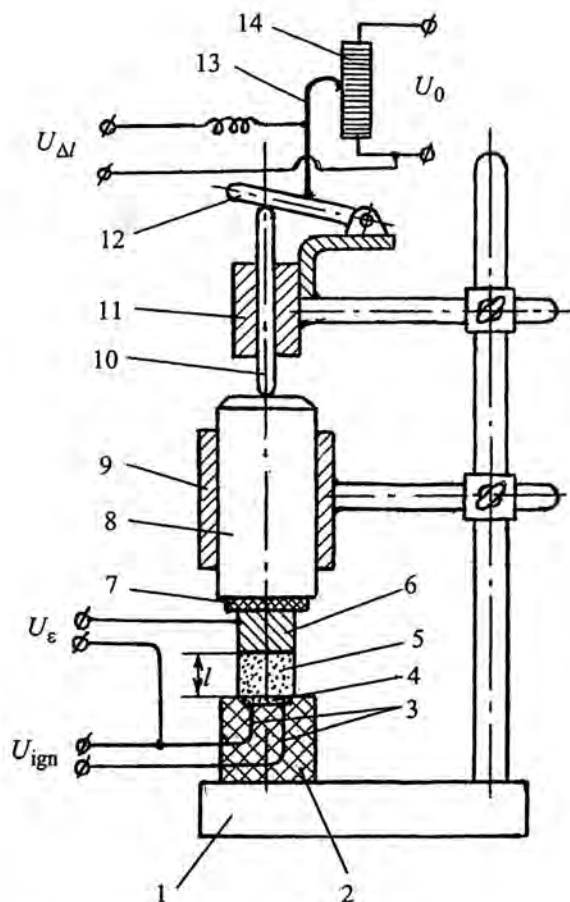


Рис. 1. Схема установки: 1 – лабораторный штатив; 2 – корпус электровоспламенителя; 3 – электроды воспламенителя; 4 – воспламенительные составы; 5 – образец из смеси Ti + C + 20%TiC; 6 – стальной электрод – вставка; 7 – электроизоляционная прокладка; 8 – шток; 9 – втулка; 10 – толкатель; 11 – втулка; 12 – рычаг; 13 – подвижный контакт; 14 – потенциометр (микрореостат); U_{ign} – напряжение, подаваемое на мостик накаливания электровоспламенителя для задействования воспламенительных составов; U_{ϵ} – напряжение, возникающее при горении воспламенительных составов и образца; U_0 – опорное напряжение, подаваемое на потенциометр; U_{Δ} – напряжение, снимаемое с подвижного контакта потенциометра; l – высота образца в исходном состоянии

При подаче напряжения U_{ign} на мостик накаливания электровоспламенителя воспламенительные составы загораются и инициируют начало горения образца. При этом появляется напряжение U_{ϵ} и начинает изменяться напряжение U_{Δ} . Регистрацию напряжений U_{ϵ} и U_{Δ} производили с помощью шлейфового осциллографа Н117. Типичная осциллограмма показана на рис. 2. Горение воспламенительных составов в электровоспламенителе дает на осциллограммах небольшой всплеск значения U_{Δ} , отвечающий расширению шлаков этих составов и их "выпучиванию" из полости электровоспламенителя, и хаотическое колебание напряжения U_{ϵ} , отвечающее появ-

лению их ЭДС горения. Затем по мере горения образца напряжение $U_{\Delta l}$ практически линейно возрастает во времени, что соответствует линейному росту высоты образца, который прекращается в момент окончания горения, что видно по характерным осциллограммам ЭДС горения системы $Ti + C + 20\%TiC$, аналогичным полученным ранее для этой системы [17]. Обращает на себя внимание небольшое уменьшение высоты сгоревшего образца, происходящее в течение примерно 0,5–0,7 с после окончания горения и связанное, скорее всего, с остыванием шлаков и их усадкой. Для оценки эффектов, связанных с удлинением образцов при горении, правильнее, по всей видимости, рассматривать удлинение, реализующееся именно в момент горения образца, а не то удлинение, которое можно измерить после остывания шлаков. Хотя этим уточнением при рассмотрении процессов деформации при горении гетерогенных систем в большинстве случаев можно, по-видимому, и пренебречь ввиду малости эффекта уменьшения высоты сгоревшего образца с течением времени. Для системы $Ti + C + 20\%TiC$ этот эффект, характеризуемый соотношением $\frac{\Delta l - \Delta l^*}{l + \Delta l}$, где Δl и Δl^* – изменение высоты образца l , реализующееся соответственно в момент окончания горения и спустя определенное время после сгорания образца (см. рис. 2), оценивается, по нашим экспериментальным данным, величиной примерно 3–6 %. Причем заметную долю в эту величину вносит составляющая, обусловленная охлаждением шлака после сгорания образца. Так, при коэффициенте линейного расширения, равном для карбида титана $\sim 7 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ [20], высота сгоревшего образца только за счет его остывания от $\sim 2500 \text{ K}$ до комнатной температуры должна уменьшиться на $\sim 2\%$. Измерения диаметров образцов после сжигания показали, что с учетом сгоревшей бумажной обечайки диаметр их после сгорания, сопровождающегося увеличением высоты на $\sim 20\text{--}120\%$, практически не изменяется.

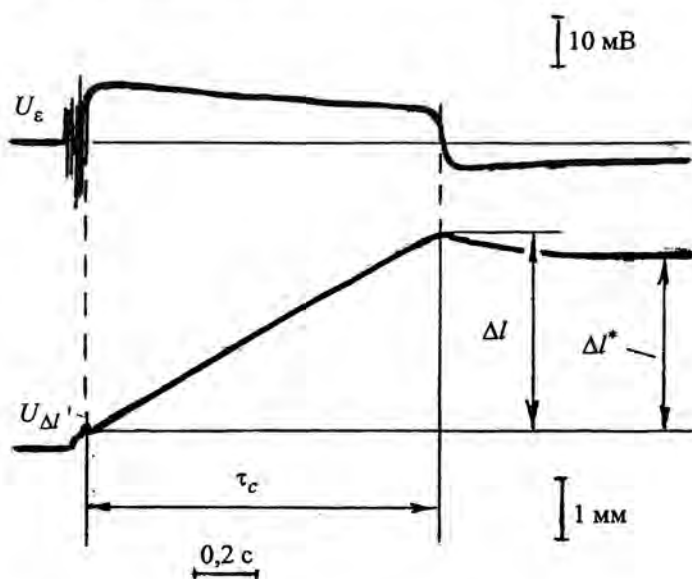


Рис. 2. Типичная осциллограмма: τ_c – время горения образца; Δl – величина прироста высоты образца в момент его сгорания; Δl^* – величина прироста высоты образца, сохраняющаяся в течение длительного времени после сгорания образца; $U_\varepsilon, U_{\Delta l}$ – см. подрисуночные подписи к рис. 1; начальная высота образца $l = 7 \text{ мм}$; удельное осевое усилие $P = 0,7 \text{ кг/см}^2$

Получаемые осциллограммы позволяют определить значение времени горения образца τ_c и величину роста высоты образца Δl к моменту окончания горения при известных значениях начальной высоты образца l и усилия осевого сжатия F , определяемого массой груза, действующего на верхний торец образца в процессе его горения. На основании этих данных построена зависимость относительного увеличения высоты $\Delta l/l$ образца, спрессованного из смеси Ti + C + 20 %TiC, от величины удельной осевой нагрузки $P = F/S$, где S – площадь поперечного сечения образца, действующей на образец при его горении (рис. 3). Из найденной зависимости следует, что относительное удлинение образцов резко снижается с ~ 100 до ~ 25 % при воздействии сжимающих удельных осевых нагрузок от $\sim 0,1$ до ~ 2 кг/см^2 . Следует указать, что величина этих удельных осевых нагрузок довольно небольшая по сравнению с осевыми усилиями, которые развиваются при горении системы Ti + C + 20 %TiC в полужамкнутой жесткой оболочке (т. е. фактически для образца "с зажатыми торцами") и которые составляют порядка 100 кг/см^2 ($9 \div 13 \text{ МПа}$ [21]).

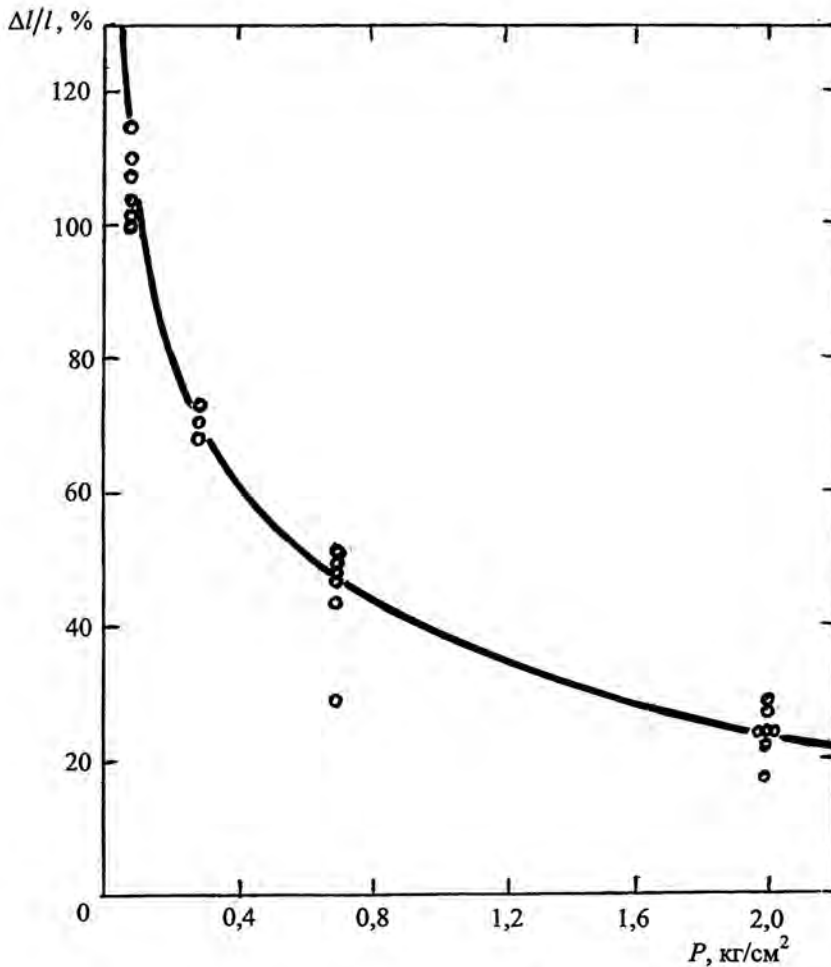


Рис. 3. Зависимость относительного удлинения образцов из смеси Ti + C + 20 %TiC при горении от величины удельного осевого сжимающего усилия

Определить удлинение образцов, горящих в свободном состоянии, экспериментально не удалось из-за того, что после сгорания образца образующийся шлак представлял собой рассыпавшиеся отдельные фрагменты, состоящие из конгломерата тонких непрочных рыхлых "лепешек", не позволявших составить представление о точной высоте образца после сгорания.

Время горения образцов τ_c при воздействии на них постоянного механического усилия F определялось по осциллограмме двумя методами: по времени наличия ЭДС горения образца на фоне других ЭДС, возникающих в измерительной цепи, и по длительности процесса линейного роста высоты образца (см. рис. 2). Для определения времени горения образцов "с зажатыми торцами" использовали лабораторную сборку (рис. 4), в которой это время оценивали только по ЭДС горения образца. Но в этих опытах из-за развития в горящих образцах довольно большого внутреннего давления размеры образцов после сгорания увеличивались: диаметр в нижней части образца со стороны зажигания увеличивался до ~ 9 мм при сохранении диаметра ~ 8 мм в верхней его части, а высота увеличивалась на $\sim 0,5$ мм при начальной высоте 7 мм за счет вдавливания его шлаков в полость корпуса электровоспламенителя и сжатия в этой полости шлаков воспламенительных составов. Поэтому считать, что указанные образцы сжигались в условиях "с зажатыми торцами", можно только с определенными допущениями.

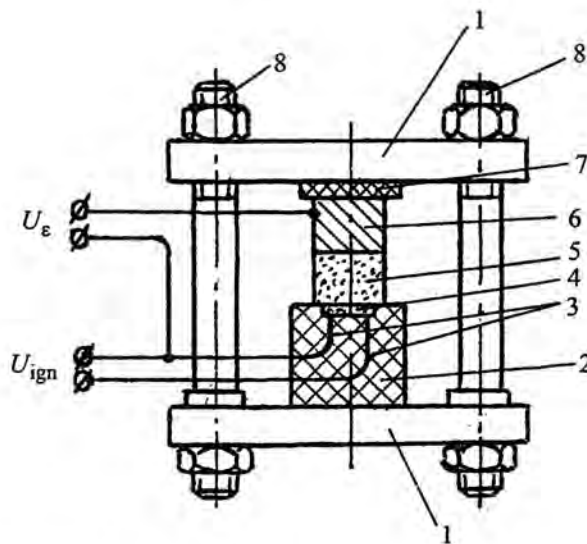


Рис. 4. Лабораторная сборка для определения времени горения образцов с зажатыми торцами: 1 — фланец; позиции 2-7 — см. подрисовочные подписи к рис. 1; 8 — шпилька

Полученные оценки времени горения образцов позволяют, рассчитав средние значения скоростей горения по формулам

$$v_{\text{ap}} = \frac{l}{\tau_c};$$

$$v_{\text{real}} = \frac{l + \Delta l}{\tau_c},$$

где v_{ap} и v_{real} — наблюдаемая и истинная скорости горения соответственно [3], построить зависимости скорости горения v от относительного удлинения образцов $\Delta l/l$ при горении (рис. 5).

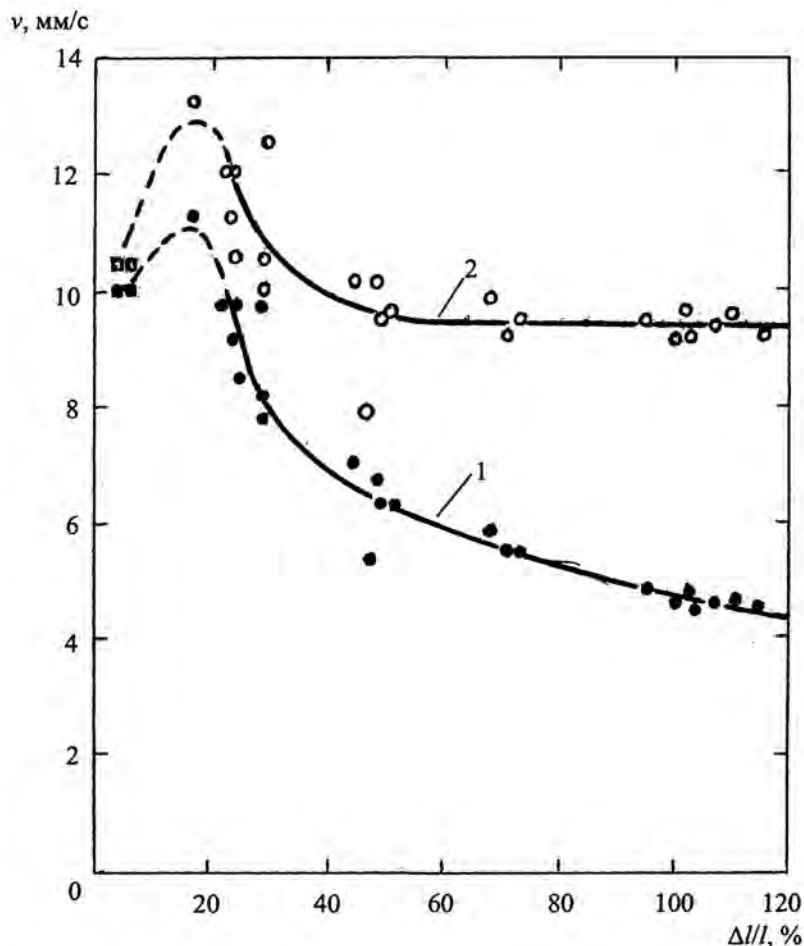


Рис. 5. Зависимость средней скорости горения образцов из смеси $Ti + C + 20\%TiC$ от их относительного удлинения: 1 – наблюдаемая скорость горения v_{ap} ; 2 – истинная скорость горения v_{real} ; ■, □ – соответственно значения наблюдаемой и истинной скорости горения образца "с зажатыми торцами"; ●, ○, – соответственно значения наблюдаемой и истинной скорости горения образца в условиях воздействия постоянной осевой механической нагрузки

Скорость горения образцов "с зажатыми торцами", составляющая примерно 10 мм/с, в два раза меньше скорости горения, полученной при горении этой же системы в полужамкнутой жесткой оболочке в условиях, примерно соответствующих горению "с зажатыми торцами" [21]. Это можно объяснить как сильным различием исходных диаметров образцов (в работе [21] диаметр образцов составлял 25 мм, а в настоящей работе ~ 8 мм), так и тем, что в условиях наличия полужамкнутой жесткой оболочки внешние размеры горящих образцов практически не изменялись, чего нельзя сказать в отношении образцов, сгорающих "с зажатыми торцами" без жесткой оболочки.

На зависимости скорости горения v от относительного удлинения образцов Δ/l (см. рис. 5) по расположению экспериментальных точек прослеживается тенденция к повышению скорости горения системы $Ti + C + 20\%TiC$ с ростом относительного удлинения образцов от ~ 0 до ~ 20%, после чего можно видеть устойчивое и ожидаемое снижение наблюдаемой скорости горения v_{ap} и

стабилизацию после небольшого снижения истинной скорости горения v_{real} на уровне $\sim 9,5$ мм/с, близком к значению скорости горения образцов "с зажатыми торцами". Экстремальный характер зависимости скорости горения системы $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$ от относительного удлинения образцов хорошо согласуется с ранее полученным результатом – увеличением скорости горения в диапазоне относительных удлинений 0–25 % с последующим снижением при $\Delta l/l > 25\%$ в опытах, когда образцы сжигались в полузамкнутой жесткой оболочке, содержащей, кроме образца из смеси $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$, еще и "толстую" поджигающую таблетку с "податливыми" шлаками [6]. Этот результат, как уже указывалось в [6], согласуется с зависимостью скорости горения системы $\text{Ti} + \text{C}$ от относительной плотности образцов, полученной в работе [22], имея в виду, что относительная плотность образца в зоне горения в наших опытах изменяется в первом приближении пропорционально относительному изменению длины образца (при неизменной величине диаметра).

На скорость горения образцов влияет множество различных факторов, среди которых существенную роль играет процесс переноса тепла в волне горения от шлаков в еще не сгоревшую исходную смесь. Из общих соображений следует, что с увеличением относительного удлинения образцов, т.е. по мере снижения относительной плотности в зоне волны горения, поток тепла в сторону еще не сгоревшей смеси должен снижаться. Это предположение легко проверить путем оценки времени задержки передачи горения через преграду. Опыты проводили на установке (см. рис. 1), в которой вместо одного образца 5 устанавливали два образца из смеси $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$ высотой 4 мм каждый, расположенные друг над другом, с находящейся между ними танталовой преградой диаметром 9 мм и толщиной 20 мкм. Осциллограммы (рис. 6) позволяли получить характеристику удлинения Δl первого образца и время задержки τ_c передачи горения от первого образца ко второму. Следует отметить, что время задержки адекватно отражается и на осциллограмме ЭДС горения.

В результате проведения серии экспериментов с танталовой преградой было получено, что в диапазоне относительных удлинений образцов из смеси $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$ от ~ 25 до $\sim 115\%$ время задержки остается практически неизменным и для толщины танталовой преграды 20 мкм составляет около 80 мс (рис. 7). Это, по-видимому, говорит о том, что изменение относительной плотности вещества в волне горения происходит в зоне, где в результате химической реакции образуются вещества, теплопроводность которых намного больше, чем теплопроводность исходной прессовки, и тепловой поток из этой зоны реакции в исходную смесь, лимитируемый ее низкой теплопроводностью, слабо зависит от предполагаемых больших изменений (связанных с большими изменениями относительной плотности) в значении теплопроводности вещества во фронте горения, которое при этом остается достаточно высоким. Это косвенно подтверждается и тем, что истинная скорость горения v_{real} системы $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$ в диапазоне относительных удлинений от ~ 30 до $\sim 115\%$ также практически не изменяется. Появление больших значений времен задержки передачи горения [9], связанных с перемещением вещества в горячей смеси $\text{Ti} + \text{C} + 20\% \text{TiC}$ перед преградой, которые были найдены ранее в работе [9], связаны, вероятно, не со снижением плотности в "рыхлом слое", а наличием в нем поперечных расслоений (зазоров), приводящих к резкому снижению эффективной теплопроводности в этой зоне. Чтобы избежать влияния таких зазоров (поперечных трещин) на горение образцов и передачу горения через преграду, обеспечив кондуктивный контакт расслаивающихся шлаков в горящем образце, достаточно приложить к горящему в свободном состоянии образцу небольшое осевое усилие порядка $0,1\text{--}1$ кг/см², как это было рекомендовано, например, в работе [23].

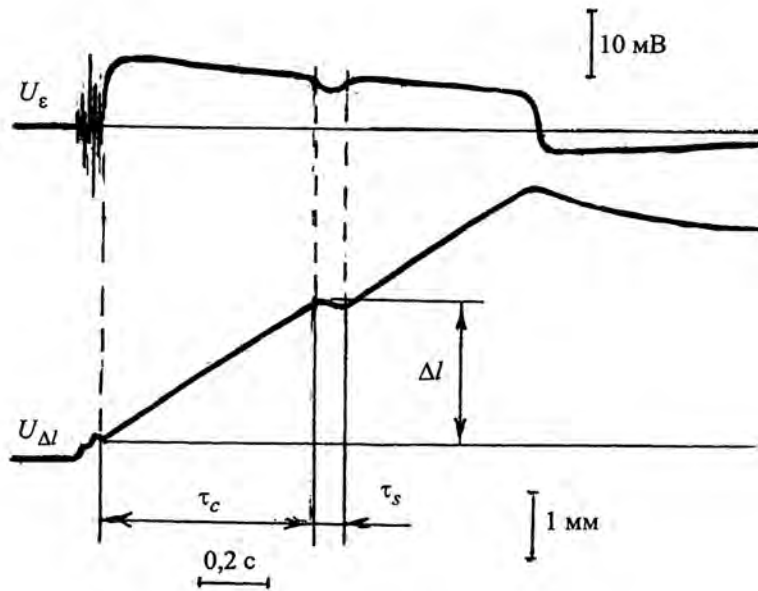


Рис. 6. Типичная осциллограмма: τ_s – время задержки передачи горения через преграду; начальная высота образцов $l = 4$ мм; преграда – из тантала; толщина преграды 0,02 мм; удельное осевое усилие $P = 0,7$ кг/см², остальные обозначения – см. подрисовочные подписи к рис. 2

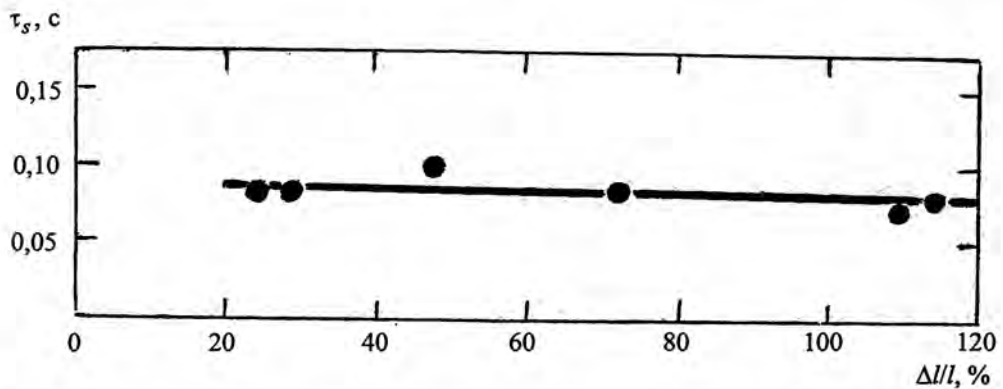


Рис. 7. Зависимость времени задержки передачи горения в системе Ti + C + 20 %TiC через танталовую преграду толщиной 0,02 мм

Следует отметить, что путем регистрации динамики удлинения горящих образцов можно наряду с другими известными способами достаточно просто определять время горения этих образцов с одновременным непрерывным наблюдением за возможными особенностями движения фронта горения (ускорением, замедлением или кратковременными остановками волны горения, например, вследствие растрескивания горящего образца). Кроме того, этим методом удобно определять и время задержки передачи горения через преграду, особенно если образцы неэлектропроводны и к ним не применим способ, описанный в [24].

Авторы выражают благодарность сотрудникам РФЯЦ-ВНИИЭФ: В. Н. Тараканову – за помощь в проведении экспериментов, А. Г. Лещинской – за помощь в оформлении рукописи статьи, П. Г. Бережко – за постоянное внимание и поддержку этой работы.

Список литературы

1. Мержанов А. Г. Твердопламенное горение. Черноголовка: Изд-во ИСМАН, 2000. С. 42–43.
2. Merzhanov A. G. Regularities and mechanism of combustion of pyrotechnic titanium-boron mixtures. Proc. 4-th Symposium on Chemical Problems Connected with the Stability of Explosives, Molle, Sweden, 1976. P. 381–401.
3. Мержанов А. Г. Закономерности и механизм горения пиротехнических смесей титана и бора: Препринт. Черноголовка: Отделение ИХФ АН СССР, 1978.
4. Вершинников В. И., Филоненко А. К. О зависимости скорости безгазового режима горения от давления // Физика горения и взрыва. 1978. Т. 14, № 5. С. 42–47.
5. Проскудин В. Ф. Баллистика горения пиротехнических зарядов, образующих твердые продукты сгорания // Международная научно-практическая конференция "Третьи Окуневские чтения". Санкт-Петербург, 24–29 июня 2002 г. Труды конференции. Т. 2. Внутренняя баллистика. СПб.: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2003. С. 79–85.
6. Голубев В. А., Бережко П. Г., Проскудин В. Ф. и др. О перемещении вещества воспламенителя и образца при горении безгазовых систем в жесткой оболочке // Физика горения и взрыва. 1991. Т. 27, № 2. С. 94–97.
7. Голубев В. А., Проскудин В. Ф., Бережко П. Г. и др. О влиянии усадки шлаков поджигающей таблетки на параметры зажигания // Там же. 1991. Т. 27, № 5. С. 41–44.
8. Проскудин В. Ф., Голубев В. А., Бережко П. Г. О деформациях внутри горящих образцов // Там же. 1997. Т. 33, № 4. С. 78–83.
9. Проскудин В. Ф., Голубев В. А., Бережко П. Г. и др. Некоторые особенности прохождения волны горения через инертную преграду в реальных конденсированных системах // Там же. 1998. Т. 34, № 6. С. 43–47.
10. Проскудин В. Ф. Деформации в горящем образце и их влияние на теплопередачу через преграду // Там же. 2001. Т. 37, № 6. С. 71–76.
11. Смоляков В. К., Некрасов Е. А., Максимов Ю. М. Моделирование безгазового горения с фазовыми превращениями // Там же. 1984. Т. 20, № 2. С. 63–73.
12. Смоляков В. К. К теории горения безгазовых систем в условиях действия постоянной нагрузки // Там же. 1989. Т. 25, № 5. С. 69–74.
13. Князева А. Г. Скорость фронта простейшей твердофазной химической реакции и внутренние механические напряжения // Физика горения и взрыва. 1994. Т. 30, № 1. С. 44–54.
14. Тимохин А. М., Князева А. Г. Режимы распространения фронта реакции в связанной термомеханической модели твердофазного горения // Химическая физика. 1996. Т. 15, № 10. С. 85–100.

15. Стельмах Л. С., Столин А. М. Тепловые режимы уплотнения при горении порошкового материала // Докл. РАН. 2000. Т. 373, № 2. С. 206–209.
16. Браверман Б. Ш., Зиатдинов М. Х., Максимов Ю. М. О нетепловой природе нестационарности при горении хрома в азоте // Физика горения и взрыва. 2002. Т. 38, № 1. С. 43–46.
17. Проскудин В. Ф. Оценка величины ЭДС горения конденсированных систем // Там же. 2002. Т. 38, № 2. С. 56–61.
18. Лашков В. Н., Лобанов В. Н. Взрывчатые составы первичного заряда детонаторов и воспламенителей // Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения: Сб. докл. науч. конф. Волжского регионального центра Российской академии ракетно-артиллерийских наук. Саров: ВНИИЭФ. 2000. С. 391–394.
19. Морозов Ю. Г., Кузнецов М. В., Нерсисян М. Д., Мержанов А. Г. Электрохимические явления в процессах самораспространяющегося высокотемпературного синтеза // Докл. РАН. 1996. Т. 351, № 6. С. 780–782.
20. Тепловые свойства веществ. Справочная таблица. М.: ЦНИИАтоминформ, 1979. С. 61.
21. Проскудин В. Ф., Голубев В. А., Бережко П. Г. Измерение давления во фронте горения безгазовых пиротехнических систем с низкой газопроницаемостью // Физика горения и взрыва. 1997. Т. 33, № 2. С. 76–80.
22. Шкиро В. М., Боровинская И. П. Исследование закономерностей горения смесей титана с углеродом // Процессы горения в химической технологии и металлургии. Черноголовка: Отделение ИХФ АН СССР, 1975. С. 253–258.
23. Проскудин В. Ф., Беляев Е. Н., Тараканов В. Н. и др. Применение осевого сжатия горячей системы для стабилизации условий теплопередачи через преграду в конденсированных системах // Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения: Сб. докл. Второй науч. конф. Волжского регионального центра Российской академии ракетно-артиллерийских наук. Саров: ВНИИЭФ. 2003. С. 291–294.
24. Проскудин В. Ф., Беляев Е. Н., Тараканов В. Н. и др. Использование ЭДС горения конденсированных систем для оценки параметров теплопередачи через преграду // Физика горения и взрыва. 2002. Т. 38, № 4. С. 87–94.

Combustion of Heterogeneous Systems' Compacted Samples under the Conditions of a Steady Axial Mechanical Load

V. F. Proskudin, E. N. Belyaev

The heterogeneous system $Ti+C+20\%TiC$ was taken as an example for investigation. The rate of increase for the height of compacted specimens of this composition during its combustion under conditions of influence upon a butt-end surface of specimens by a steady compressive stress was studied. It has been found that in the studied range of compressive pressure from 0.1 to 2 kg/cm^2 the increase of combustive specimen's height vs. time is obeyed to the linear relationship. Moreover under the influence of compressive pressure $\sim 0.1 kg/cm^2$ the increase of specimen's height averages $\sim 100\%$, but under the influence of $\sim 2 kg/cm^2$ the increase of its height comes to about $\sim 25\%$. In addition the used technique for measurement of the increase of specimens' height during their combustion has turned out to be a very useful tool for experimental determination of specimens' combustion time and a delay period for the combustion transfer through a bulkhead.