

**С.Ф. Малышева, Г.В. Плотникова**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ КАРКАСА ГИПСОКАРТОНА МАГНИТНЫМ**  
**МЕТОДОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ**  
**ЭКСПЕРТИЗЫ**

*В статье рассмотрены возможности применения магнитного метода для исследования образцов каркаса из металлического профиля, применяемого для крепления гипсокартона к поверхностям, с целью определения коэрцитивной силы, по величине которой можно сделать вывод о термических повреждениях образцов, подвергшихся тепловому воздействию на пожаре. Полученные результаты исследований свидетельствуют о возможности применения магнитного метода для исследования металлического каркаса для гипсокартона при установлении очага пожара.*

*Ключевые слова: гипсокартон, металлический каркас, металлический профиль, магнитный метод, коэрцитивная сила.*

**S.F. Malysheva, G.V. Plotnikova**  
**THE TEST OF GYPSUM BOARD FRAME BY MAGNETIC METHOD**  
**IN THE PERFORMANCE OF FIRE-TECHNICAL EXAMINATION**

*The article considers possibilities of applying magnetic method to test the samples of metal profiles frame used for fastening of gypsum boards to surfaces in order to determine the coercive force, the magnitude of which makes possible to evaluate the thermal damage of the samples heat-affected in the fire. The obtained results indicate the possibility of using magnetic methods to examine metal frame for gypsum boards in locating the body of fire.*

*Keywords: gypsum board, metal frame, metal profile, magnetic method, coercive force.*

Гипсокартон представляет собой строительный материал, который широко применяется для устройства легких стен, подвесных потолков, всевозможных перегородок, является хорошим облицовочным материалом. Состоит гипсокартон из двух листов картона с прослойкой строительного гипса и различных других наполнителей. Основой гипсокартона служит гипс. Выбор гипса обусловлен его способностью «дышать», т. е. пропускать воздух, и в то же время поддерживать в помещении постоянную влажность. Гипсокартон, как правило, не содержит токсичные материалы и вещества, что обеспечивает его экологическую безопасность.

Большинство строительных материалов на основе гипса обладают высокой огнестойкостью, так как сам гипс не является горючим материалом. Горючесть гипсокартону могут придавать всевозможные наполнители, картонные листы, а также конструкции, с помощью которых осуществляется его крепление к стенам или потолку (древесина).

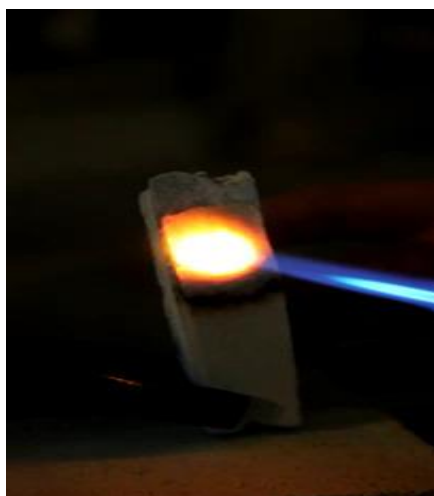


Рис. 1. Испытание гипсокартона при воздействии пламени

На рынке строительных отделочных материалов присутствуют два вида гипсокартона. влагостойкие и огнестойкие (огнеупорные). Картон, являющийся составной частью гипсокартона, очень плотно соединен с гипсом, поэтому внутри материала отсутствует воздух и горение картона становится практически невозможным, поэтому при длительном воздействии источника огня может произойти только обугливание картона и разрушение слоя из гипса в результате выделения из него воды. В связи с этим гипсокартон теряет свою прочность. Поэтому абсолютно негорючих видов гипсокартона не бывает.

При проведении испытаний гипсокартона [1] было установлено, что стандартные перегородки из этого материала, находящиеся в ненагруженном состоянии, при воздействии открытого пламени в течение 45 минут остались в неповрежденном состоянии, горение полностью отсутствовало и образования дыма не происходило (рис. 1). В то же время на практике несущая способность таких же листов гипсокартона была потеряна уже через 20 минут. Это произошло потому, что листы были установлены на металлический каркас, который потерял свою несущую способность в результате нагрева. В то же время одним из широко применяемых способов крепления гипсокартона к стене или потолку является сооружение каркаса, изготовленного из оцинкованных металлических профилей, к которым производится крепление листов гипсокартона с помощью шурупов или дюбелей [2].

При возникновении пожара в помещении, в котором отделка состоит из гипсокартона, как и при пожаре на любом другом объекте, перед экспертом или специалистом стоит задача установления очага и причины возникновения пожара. Вся необходимая информация по пожару

устанавливается как на этапе осмотра, так и в ходе дальнейшего расследования.

В распоряжении специалистов имеются разные методы определения очага пожара [3–5]. Некоторые являются более трудоемкими, некоторые менее точными, для части из них нужно оборудование и приборная база, которыми не располагают экспертные подразделения. Исследование остатков разрушенного слоя гипса с целью определения температуры нагрева возможно методами термического анализа [5, 6], но установками для исследований располагают далеко не все экспертные подразделения.

В то же время практически во всех подразделениях применяется магнитный метод исследования, не разрушающий металлические изделия, изготовленные методом холодной деформации. Результаты исследования данным методом, как и результаты, полученные другими методами, используются для определения признаков очага пожара и путей его распространения [7]. При воздействии пожара на металлические изделия, находящиеся в зоне теплового излучения, в них происходят структурные изменения, которые влияют на магнитные свойства металла. Магнитные методы основаны на измерении магнитных характеристик и позволяют выявить произошли структурные изменения в металле во время пожара или нет. К таким характеристикам, по которым можно установить наличие структурных изменений, относится коэрцитивная сила, величина которой и определяется при исследовании металлических изделий (гвозди, болты, шурупы, скобы), изъятых с места пожара.

Если гипсокартон крепился к стенам или потолку с помощью металлического каркаса, то на месте пожара, как правило, имеются остатки металлического профиля каркаса, которые могут быть использованы как объекты для исследования магнитным методом. Металлический каркас относится к материалам, полученным методом холодной деформации. Способом холодной деформации получают большое количество всевозможных крепежных изделий, ассортимент которых весьма широк и разнообразен, с их помощью осуществляется крепление изделий между собой, а также с поверхностями из других материалов. К таким изделиям относятся болты, гайки, шпильки, винты, шурупы, скобы, гвозди т.д. При изготовлении эти изделия не подвергаются термической обработке, поэтому структура металла остается неизменной. Следовательно, если такие изделия в процессе эксплуатации подвергались внешним воздействиям, в том числе нагреванию на пожаре, то структура их претерпевает изменения. При производстве пожарно-технических экспертиз при установлении очага пожара наряду с другими методами применяются магнитные методы для исследования холоднодеформированных изделий, подвергшихся тепловому воздействию

пожара. Эти методы основаны на измерении магнитных характеристик, которые в свою очередь зависят от структуры металла. В основе магнитного метода лежит измерение величины коэрцитивной силы или тока размагничивания предварительно намагниченного металлического изделия [8].

Коэрцитивная сила представляет собой напряженность магнитного поля ( $H_C$ ), необходимую для уменьшения остаточной намагниченности (индукции) ферромагнетика до нуля. При этом поле  $H_C$  обратно по направлению полю, создавшему эту остаточную намагниченность (индукцию). Коэрцитивная сила определяется точкой пересечения нисходящей ветви петли гистерезиса (предельной или частной) с осью напряженностей.

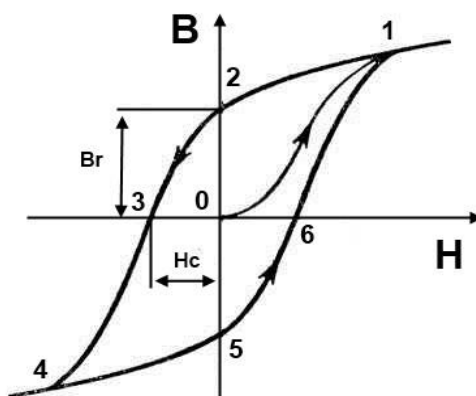


Рис. 2. Петля гистерезиса

Петля гистерезиса представляет собой график зависимости величины магнитной индукции ( $B$ ) от напряженности магнитного поля ( $H$ ). На рис. 2 показано:

1) участок 0–1. Кривая первоначального намагничивания, которая показывает, как меняется магнитная индукция в размагниченной катушке;

2) участок 1–2. Кривая уменьшения напряженности магнитного поля до нуля, после насыщения (ниже точки 1). Сердечник катушки остался намагниченным на величину остаточной намагниченности ( $B_r$ ). Это называется явлением магнитного гистерезиса;

3) участок 2–3. В результате изменения направления тока в катушке процесс размагничивания продолжается до пересечения оси абсцисс;

4) участок 3–0. Называется коэрцитивной силой ( $H_c$ ). Это величина, которая необходима для уничтожения поля в сердечнике;

5) участок 3–4. Аналогично кривой 0–1 происходит намагничивание сердечника до насыщения и обратно размагничивание на участке 4–5 и 5–6 с последующим намагничиванием до точки 1.

Коэрцитивная сила (участок 3–0) является важным магнитным параметром, который находится в корреляционной связи со структурно-механическими параметрами металлов, она не зависит от геометрии образца и отличается простотой измерения.

Коэрцитивная сила, величина которой определяется с помощью магнитного метода, является показателем того, насколько затруднены в материалах процессы намагничивания (перемагничивания).

Приборы, служащие для измерения коэрцитивной силы называются коэрцитиметрами (рис. 3). В этих приборах исследуемый образец намагничивают до значения индукции  $B_m$ , а затем измеряют значение обратного магнитного поля, под действием которого остаточная намагниченность (индукция) доводится до нуля. Для намагничивания и размагничивания образцов служат различные полезадающие системы – соленоиды, приставные электромагниты, а в качестве индикаторов нуля намагниченности (индукции) – магнитные стрелки, индукционные катушки, преобразователи Холла, ферроиндукционные преобразователи – феррозонды и др.



Рис. 3. Коэрцитиметр Каскад-01

Магнитный метод, применяемый для определения коэрцитивной силы при производстве пожарно-технических экспертиз, позволяет по величине тока размагничивания (коэрцитивной силе) оценить термические поражения однотипных холоднодеформированных изделий, находившиеся в разных зонах пожара, в зависимости от температуры их нагрева.

Каркас гипсокартона представляет собой совокупность горизонтальных и вертикальных деталей. Вертикальные детали являются стоечными или несущими элементами (рис. 4 и 5). Перпендикулярно стоечным элементам располагаются направляющие, или стартовые элементы.

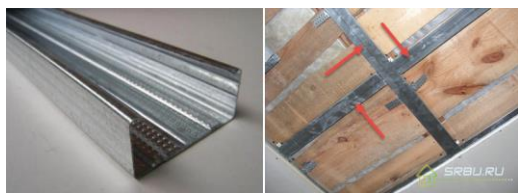


Рис. 4. Стоечный профиль

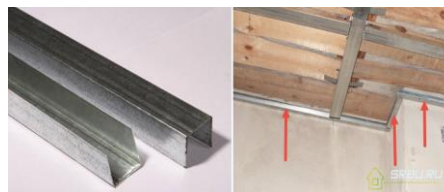


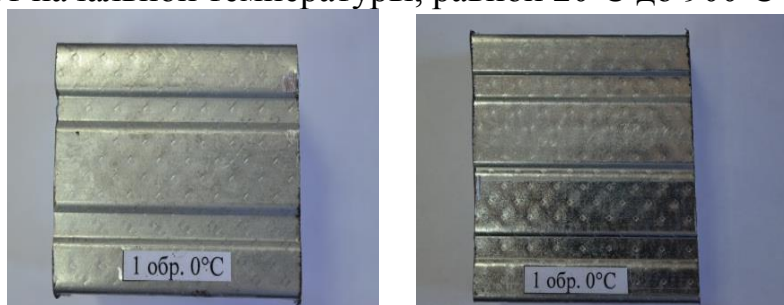
Рис. 5. Направляющий профиль

Так как металлический каркас для крепления гипсокартона к поверхностям получают методом холодной деформации, следовательно, можно применять магнитный метод для исследования образцов каркаса, изъятых с места пожара, с целью установления очага.

Для решения вопроса о возможности применения магнитного метода в практической деятельности пожарно-технических экспертов при исследовании металлического каркаса для гипсокартона был проведен ряд экспериментов.

Согласно ГОСТ 24916-81 [8] метод определения коэрцитивной силы заключается в намагничивании исследуемого образца в постоянном магнитном поле до состояния технического насыщения и дальнейшем определении коэрцитивной силы по намагниченности как напряженности магнитного поля обратного направления, необходимого для полного размагничивания образца. Для проведения исследований стоечный и направляющий профили были разрезаны на куски, размерами 60x30x20 мм. Образцы перед проведением испытания были выдержаны в муфельной печи в течение 15 минут при температурах от 20 до 1000°C с шагом в 100 градусов.

На первом этапе исследования было зафиксировано изменение цвета образцов в зависимости от температуры нагревания. На рис. 6–8 показано изменение цвета исследуемых образцов металлопрофиля каркаса при нагревании от начальной температуры, равной 20°C до 900°C и 1000°C.



а)

б)

Рис. 6. Профиль стоечный (а) и профиль направляющий (б) при температуре 20°C



а)

б)

Рис. 7. Профиль стоечный (а) и профиль направляющий (б) при температуре 900°C



Рис. 8. Профиль стоечный (а) и профиль направляющий (б) при температуре 1000°C

В результате нагревания образцы изменили свой цвет, на поверхности образовались так называемые цвета побежалости, которые возникают при окислении поверхности с образованием тонкой оксидной пленки. В зависимости от толщины пленки поверхность по-разному отражает свет. При более высокой температуре нагрева толщина оксидной пленки становится больше. Более толстые оксидные пленки поглощают световые волны с большей длиной волны, а отражают – с меньшей длиной. По этому принципу построена шкала зависимости цветов побежалости от температуры. По такой шкале можно ориентировочно определить температуру нагрева образцов материала, отобранных с места пожара.

По результатам исследования на первом этапе получена шкала цветов побежалости для исследуемого каркаса (табл. 1).

Таблица 1

Шкала цветов побежалости

Цвет образца	Температура нагрева, °С
Без изменения	20 - 400



Темно-серый	500 – 600
Светло-желтый	700 – 800
Темно-желтый	900
Белый	1000

Примечание. Образец стоечного профиля при 1000°С прогревался неравномерно в связи с неравномерной толщиной оксидной пленки, о чем свидетельствуют различные цвета на поверхности.

Следующим этапом исследований было определение коэрцитивной силы для каркаса гипсокартона. А также решение вопроса о возможности использования данного метода в практике пожарно-технического эксперта при установлении очага пожара по остаткам металлического каркаса для гипсокартона, так как подобной информации при анализе экспертной практики найдено не было.

По величине коэрцитивной силы оценивают вероятность протекания дорекристаллизационных и рекристаллизационных процессов в холоднодеформированных стальных изделиях. Эти процессы характеризуют степень термического поражения объекта (каркаса) при тепловом воздействии. Чем выше температура нагрева, тем значительнее структурные изменения в образце, которые в свою очередь влияют на магнитные свойства металла, величину тока размагничивания и коэрцитивную силу.

Кроме того, в работе [8] авторами установлено, что при нагреве в изотермическом режиме площадь обогреваемой поверхности влияет на изменение. В данной работе показано, что выявленная зависимость может быть использована при проведении исследований холоднодеформированных стальных изделий магнитным методом при определении очага пожара.

Для определения коэрцитивной силы для образцов металлического каркаса применялся коэрцитиметр «Каскад-01» (рис. 3). Полученные значения коэрцитивной силы ( $H_c$ ), величина которой прямо пропорциональна величине тока размагничивания ( $I_p$ ) и обратно пропорциональна длине перемагниченной части исследуемого образца ( $l$ ), представлены в табл. 2.



Таблица 2

Коэрцитивная сила для металлических профилей,  
стоечного и направляющего

Температура нагрева образцов каркаса	Размер образцов, мм	Коэрцитивная сила, А/м стоечный профиль	Коэрцитивная сила, А/м направляющий профиль
20	60x30x20	483	464
100	60x30x20	502	451
200	60x30x20	481	463
300	60x30x20	462	424
400	60x30x20	450	411
500	60x30x20	414	422
600	60x30x20	395	361
700	60x30x20	345	323
800	60x30x20	304	416
900	60x30x20	355	415
1000	60x30x20	376	389

По результатам экспериментального определения коэрцитивной силы каркаса из металлического профиля было установлено, что, начиная с температуры, равной 200°С, происходит уменьшение коэрцитивной силы и продолжается до достижения температуры 800°С. Можно предположить, что при температурах от 200 до 800°С увеличивается скорость процесса рекристаллизации, т. е. при нагревании в металлических образцах происходят структурные превращения, которые влияют на магнитные свойства. Начиная с 800°С, коэрцитивная сила возрастает, что является свидетельством завершения структурных превращений в образцах металлического каркаса.

Таким образом, по результатам выполненной работы можно сделать следующие выводы.

1. Получена шкала цветов побежалости образцов металлического каркаса при нагревании от 20 до 1000°С

2. Установлено, что при увеличении температуры нагрева от 200°С до 800°С происходит уменьшение коэрцитивной силы, что свидетельствует о структурных превращениях в образцах металлического каркаса гипсокартона.

3. Установлена возможность применения магнитного метода, основанного на определении коэрцитивной силы для образцов металлического каркаса гипсокартона при определении очага пожара.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Группа горючести гипсокартона. URL: <http://silastroy.com/materials/gruppa-goryuchesti-gipsokartona.html> (дата обращения 30.03.2017).
2. Как крепить гипсокартон к стене: способы, правила, тонкости. URL: <http://strmnt.com/dom/build/kak-kreplit-gipsokarton-k-stene.html> (дата обращения 30.03.2017).
3. Ключников В.Ю., Дашко Л.В., Довбня А.В., Плотникова Г.В. Применение методов термического анализа при производстве пожарно-технических экспертиз // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 7. С. 47–51.
4. Дашко Л.В., Синюк В.Д., Ключников В.Ю., Плотникова Г.В. Экспертное исследование цементного камня, подвергавшегося высокотемпературному нагреву // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2013. № 2.
5. Дашко Л.В., Синюк В.Д., Плотникова Г.В. Экспертное исследование цементного камня после высокотемпературного воздействия // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 12. С. 22–32.
6. Дашко Л.В., Плотникова Г.В., Гольчевский В.Ф. Экспертные пожарно-технические исследования строительных материалов зданий при установлении очага пожара // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2014. № 4 (71). С. 61–67.
7. Лендель Е.В., Козаченко М.В., Плешаков В.В. Особенности применения методики исследования холоднодеформированных стальных изделий магнитным методом при пожарно-технической экспертизе // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности». 2015. № 1 (59). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-1/01-01-15.ttb.pdf> (дата обращения 05.02.2017).
8. ГОСТ 24916-81. Метод определения коэрцитивной силы. М.: Изд-во стандартов, 1981.