

ЭКРАНИРУЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ И СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ СВАРЩИКА ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

О. Г. ЛЕВЧЕНКО, д-р техн. наук, В. К. ЛЕВЧУК, О. Н. ТИМОШЕНКО, инженеры
(Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Рассмотрены вопросы создания средств индивидуальной защиты сварщиков от магнитных полей при контактной сварке. Приведены результаты исследований защитных свойств экранирующих материалов из магнитомягких лент из аморфного сплава на основе кобальта (Co-Fe-Cr-Si-B). Разработан фартук сварщика для защиты от электромагнитных излучений.

Ключевые слова: контактная сварка, электромагнитное излучение, напряженность магнитного поля, способы защиты, защитные магнитные материалы, пермаллой и аморфные металлические сплавы, экранирующий фартук

Переменные электромагнитные поля (ЭМП) широкого частотного диапазона и электромагнитные излучения радиочастотных диапазонов являются основными факторами опасного воздействия на организм электросварщиков. Использование специальной защитной одежды могло бы дополнить известные традиционные способы защиты временем и расстоянием [1], поскольку их реализация не всегда возможна или целесообразна в связи с объемами и характером работ, выполняемых персоналом.

Основной составляющей электромагнитного фона являются низкочастотные ЭМП, которые генерируются линиями электропитания, бытовыми приборами и электрооборудованием промышленных предприятий. Известно, что электрическая составляющая низкочастотного поля легко экранируется с помощью металлических рукавов и корпусов распределительных щитов. Но экранирование магнитной составляющей ЭМП (что в полной мере относится и к сварочным процессам) является сложным техническим заданием, если речь идет об эластичных магнитных экранах для средств индивидуальной защиты (СИЗ) рабочих.

Проблемы экранирования высокочастотных магнитных полей (МП) при сварке изучали в Институте электросварки им. Е. О. Патона [2], разработаны методы расчета электромагнитных экранов [3–5]. Однако параметры прерывисто-импульсных МП, образующихся при сварке, с учетом их спектрального состава настолько сложны, что выбор для них эффективных экранов может быть осуществлен только экспериментальным путем.

Проведенные авторами экспериментальные исследования [6, 7] магнитных излучений при различных способах электросварки показали, что наиболее высокий уровень МП свойствен контактной сварке, обслуживающий персонал которой особенно нуждается в СИЗ на основе эластичных магнитных экранов. Полученные нами ориентировочные данные о необходимой эффективности защиты сварщика в рабочей зоне от МП с помощью экранирования при различных способах контактной сварки представлены в табл. 1.

Как видно из таблицы, максимальная эффективность экранирования должна в 7 раз снижать напряженность МП при восьмичасовом рабочем дне (частота МП составляет 0...1000 Гц). Для известных современных металлических материалов экрана, которые должны быть сплошными и отличаться достаточной эластичностью, это весьма проблематично. Однако с учетом того, что чистое

Таблица 1. Необходимая эффективность защиты от МП при контактной сварке

Способ контактной сварки	Необходимая эффективность защиты при экспозиции в течение 8 ч, раз*
Точечная:	
ручная (клещи)	6...7**
механизированная стационарная	3...4**
механизированная конденсаторная	2
Шовная	2...3**
Рельефная	2...3**
Стыковая	2...3**

* Под эффективностью защитных устройств \mathcal{E}_3 понимают отношение максимальной амплитудной напряженности МП H_m на рабочем месте к ее предельно допустимой величине H_d ($\mathcal{E}_3 = H_m/H_d$).

** Ориентировочное значение при сварке одним импульсом полного тока длительностью до 1 с.



время процесса сварки в течение рабочего дня обычно ограничивается 5 ч эффективность экранирования можно снизить примерно в 1,3 раза. С помощью дополнительных традиционных способов защиты временем и расстоянием эффективность экранирования (для увеличения эластичности СИЗ при уменьшении толщины экранирующего слоя) можно снизить еще до 2...3 раз. Такой комплексный подход к решению проблемы электромагнитной безопасности при использовании разработанной в ИЭС им. Е. О. Патона методики измерения уровней МП приносит положительные результаты.

Для разработки СИЗ от низкочастотных МП нужны материалы с большой магнитной проницаемостью ($\mu \geq 15000$) и высокой стабильностью магнитных свойств. Сложность в разработке и изготовлении защитных магнитных материалов, которые были бы эффективны как в низко-, так и в высокочастотном диапазонах МП, связана с тем, что для их создания нужно исследовать различные физические принципы работы и технологические аспекты их производства. Например, для низкочастотных (до 1 кГц) МП защитное покрытие должно быть в виде сплошной оболочки, а для высокочастотных полей, измеряемых в мега- и гигагерцах, необходимо исследовать регулярную структуру покрытия с промежутками, ширина которых определяется длиной волны экранируемого поля.

Выбор экранирующих материалов. Защитное экранирование в общем случае предназначается для защиты как от МП, так и от ЭМП. Однако универсальность этого решения не только сомнительна, но и нецелесообразна. Наиболее приемлемыми считаются экраны и покрытия, предназначенные для защиты от ЭМП и излучений определенных диапазонов частоты и амплитуды, поскольку магнитные свойства как металлических, так и аморфных материалов зависят не только от их химического состава, но и от условий их изготовления, режимов механической, термической и магнитной обработки. Путем подбора режимов обработки можно получать материалы с заданными свойствами, наиболее эффективными для ЭМП определенных диапазонов частоты и амплитуды. При разработке таких материалов и использовании их в качестве защитных экранов необходимо определить зависимость коэффициентов экранирования или магнитной проницаемости от амплитудно-частотных характеристик МП (ЭМП) и режимов их обработки, обеспечивающих максимальные значения указанных параметров на стадии производства. В первом приближении показателем экранирующих свойств выбираемого материала может быть его магнитная проницаемость.

Наиболее распространенными материалами для экранирования МП являются электротехни-

ческие стали с 2,8...3,8 % Si, изготовленные в виде лент и листов железа. Их магнитные свойства вдоль направления проката значительно выше, чем поперек (магнитная проницаемость составляет до 5000). Сталь толщиной 0,35...0,50 мм используется при МП частотой 50 Гц, а сталь меньшей толщины — при МП частотой 400 Гц и выше. Коэффициенты экранирования этих материалов не всегда удовлетворительны и зависят от режимов их предварительной термообработки. Кроме того, если в процессе изготовления деталей (например, трансформаторов) сталь подвергается даже незначительной пластической деформации (рубке, загибу), то ее магнитные свойства значительно ухудшаются.

Наиболее пригодными тонкими экранами для защиты от МП, создаваемых сварочным оборудованием, являются железоникелевые сплавы (пермаллой) и аморфные металлические сплавы с высоким содержанием кобальта [8]. Пермаллой, изготовленные в виде листов (или лент) толщиной 0,0015...2,5000 и 3...22 мм, содержат от 45 до 89 мас. % Ni. Сплавы марок 79НМ, 80НХС, 68НМП, в состав которых входит до 80 мас. % Ni (высоконикелевые пермаллои), используют в качестве магнитных экранов. Буква П в последней марке сплава информирует о прямоугольности петли гистерезиса и сильной зависимости магнитных свойств сплава от уровня внешнего МП. Пермаллои имеют высокую (до 50000) магнитную проницаемость, но очень чувствительны к механическому воздействию (наклепу). Например, магнитные свойства экрана из пермаллоя марки 79НМ после его деформирования на 10 % снижаются почти в 18 раз.

В последнее десятилетие достигнуты значительные успехи в области материаловедения, а именно, в разработке и внедрении в производство новых полимерных, композиционных и металлических материалов с уникальными физическими свойствами. Одной из перспективных разработок в этой области является создание новых магнитомягких материалов — аморфных металлических сплавов, которые характеризуются высокой магнитной проницаемостью, индукцией насыщения и имеют различное применение. При этом необходимые физические свойства у этих материалов можно достичь за счет их термической и магнитотермической обработки. Прогнозируемые изменения магнитных свойств, приемлемые механические свойства, а также постоянное уменьшение стоимости изготовления и предварительной обработки аморфных сплавов делает их перспективными при создании эластичных покрытий для защиты людей и технических средств от МП и электромагнитных излучений антропогенного происхождения.

В состав аморфных металлических сплавов, пригодных для практического применения, входят



основные металлы (железо, никель, кобальт) и аморфнообразующие примеси (фосфор, бор, кремний, углерод, алюминий). Наиболее распространенными материалами являются сплавы 85КСР и 71КНСР с высоким содержанием кобальта [9]. Аморфные металлические сплавы изготавливают в виде очень тонких (до нескольких десятков микрон) лент, что обусловлено технологией скоростной закалки (так называемого спиннингования) расплава.

Известно, что относительная магнитная проницаемость аморфных сплавов может изменяться в широком диапазоне. Например, относительная магнитная проницаемость высококобальтового сплава (80 мас. % Со) в МП с частотой 10 кГц и амплитудной напряженностью $H_m = 800$ А/м после термомагнитной обработки в постоянном МП с напряженностью 1000 А/м при температуре 300 °С увеличивается от 120000 до 300000.

Анализ влияния уровня напряженности МП на экранирующие свойства пермаллоя и высококобальтового аморфного сплава в МП промышленной частоты (50 Гц) в зависимости от экранирующих материалов, имеющих заводскую термическую обработку, приведен в работе [10], из которой следует, что эффективность экранирования указанных сплавов значительно выше, чем у пермаллоя. Отмечено также, что при использовании одинаковых экранирующих материалов их свойства значительно повышаются с увеличением частоты МП, даже в низкочастотных МП, при этом усложняется зависимость этих свойств от амплитудных уровней последних.

Таким образом, одна из основных проблем, возникающих при разработке систем электромагнитной защиты, состоит в том, что диапазон частоты МП, в котором работают современные технические устройства, очень широк, а защитные материалы обеспечивают экранирование только в ограниченном диапазоне частоты. Как отмечалось раньше, такие материалы, как пермаллой, являются очень чувствительными к механическим воздействиям. В аморфных металлических сплавах, как правило, реализуется высокая одноосная магнитная анизотропия, однако аморфное состояние является метастабильным. В связи с этим для аморфных материалов характерен эффект старения, особенно при повышенной температуре.

Исследования, проведенные в ЦНИИ КМ «Прометей» (РФ), показали, что аморфные магнетики одной марки, но разных производителей существенно отличаются магнитными свойствами. Поскольку в Украине есть как научно-техническая, так и производственная база по производству аморфных магнетиков (Институт металлофизики им. Г. В. Курдюмова НАН Украины, г. Киев, ООО «МЕЛТА», г. Киев), создание за-

щитных конструкций и одежды, аналогичных зарубежным разработкам, не всегда целесообразно.

На основании изложенного выше можно сделать вывод, что в настоящее время не существует универсального решения обеспечения электромагнитной защиты конкретных объектов. Принятие организационно-технических решений по электромагнитной защите требует тщательных теоретических и экспериментальных исследований процессов термической и магнитотермической обработки аморфных материалов с целью оптимизации их свойств для использования в качестве магнитных и электромагнитных экранов. На сегодня аморфные сплавы можно считать наиболее перспективными материалами для защиты технических и биологических объектов от отрицательного влияния МП и электромагнитных излучений. При разработке эластичных защитных экранов для электромагнитных устройств и защитной одежды нужно ориентироваться на магнитомягкие материалы отечественного производства.

Разработка эластичного магнитного экрана для спецодежды сварщика. При выполнении сварочных работ имеют место следующие вредные и опасные производственные факторы: искры и брызги расплавленного металла и шлака, имеющие температуру до 2000 °С, лучистая энергия от сварочной дуги различного спектрального состава и интенсивности, тепловые излучения до 84 Дж/(см²·мин) (20 кал/(см²·мин), МП напряженностью 80...10000 А/м с частотой 0...2000 Гц, запыленность и загазованность зоны дыхания сварщиков с концентрацией вредных веществ, превышающих предельно допустимую, метеорологические факторы при работе на открытом воздухе в зависимости от периода года и климатической зоны.

В соответствии с условиями труда и характером воздействия этих вредных и опасных факторов вся спецодежда для рабочих сварочного производства по общности защитных, эксплуатационных и гигиенических свойств подразделяется на пять групп. По ранее существующей классификации спецодежда для контактной сварки металла малых сечений (точечной, шовной, рельефной и стыковой) относилась к группе 3А и должна была обеспечивать защиту от МП напряженностью 80...10000 А/м (амплитудное значение) без указания частотных диапазонов. В состав СИЗ сварщика должны входить: костюм (куртка и брюки), перчатки и рукавицы, головной убор и обувь [11, 12].

Известен защитный комплект, состоящий из шапочки и короткой юбки [12], где в качестве защиты от высокочастотных электромагнитных излучений использован пермаллой марок 79НМ-1, 80НХС, 76НХД в виде тонких металлических нитей, смешанных с хлопчатобумажными нитями, которые защищают от внешних воздействий и служат электрической изоляцией. Таким образом,



в качестве экрана использовали ткань с регулярной структурой, образующей сетку с размерами ячейки $0,5 \times 0,5$ мм. Данные об экранирующих свойствах такого материала, предназначенного для защиты от низкочастотных МП с указанными выше параметрами, отсутствуют, а его эффективность весьма сомнительна.

Перед сотрудниками в ИЭС им. Е. О. Патона была поставлена задача создания защитного магнитного экрана, который мог бы служить основой защитной спецодежды сварщика с учетом современных санитарных норм магнитной безопасности. При этом следовало определиться, какое содержание вкладывается в термин «эластичность» для спецодежды. Эластичность (от греческого гибкий) — это способность конструкционного материала или изделия выдерживать при сравнительно небольших нагрузках значительные упругие обратимые деформации без разрушения. Термин «эластичность» существует наряду с термином «упругость». Эластичность достигается как за счет выбора материала (например, резины), когда она обусловлена особенностями молекулярного строения тела, так и за счет конструкции. В последнем случае большие деформации изделия возникают при малых деформациях материала. Речь идет об условном использовании термина «эластичность» применительно к композиционному материалу для спецодежды, который является по сути материалом функциональным и обеспечивает в дополнение к традиционным свойствам спецодежды еще и экранирование МП. Необходимость включения в состав материала спецодежды металлического слоя, а возможно, и дополнительных вспомогательных функциональных слоев (электроизолирующих, защитных, клеевых и др.), как правило, снижает такой показатель, как гибкость, предельное значение которой составляет $0,50 \dots 0,55$ кН для тканей, предназначенных для защитных накладок, нашивок и т. п. [13].

Ориентировочная структура материала для спецодежды должна иметь следующие составные слои части: один-два внутренних слоя магнитного экрана; два внешних электроизолирующих (при необходимости); два внешних из традиционного для данного вида спецодежды материала; два внутренних (или покрытие) технологического назначения (например, клеевых).

Известное техническое решение защищающей от МП спецодежды [9], в которой экран образуется продольными лентами из аморфного сплава с перекрытиями по ширине, благодаря чему получается сплошное защитное экранирующее покрытие ткани. Способ соединения лент между собой и с тканью в данной работе не рассматривался, но в любом случае он способствует увеличению жесткости конструкции экрана как в продольном, так и в поперечном направлениях

вследствие жесткого крепления отдельных слоев в одно целое. На наш взгляд, более перспективна конструкция эластичного магнитного экрана, состоящая из лент, которые соединяются между собой за счет их так называемого полотняного переплетения с нулевыми зазорами между полосами, расположенными в одном направлении без жесткого соединения между собой. В этом случае конструкция приобретает законченный вид без использования при сборке экрана дополнительных материалов и элементов. Она обеспечивает максимальное магнитное экранирование в двух взаимно перпендикулярных направлениях (в связи с анизотропностью магнитных свойств лент).

Необходимые защитные свойства могут быть получены за счет увеличения суммарного количества экранов в пачке или лент, переплетенных в одном экране без жесткого соединения между собой. В этом случае использование нескольких экранов из одинарных полос предпочтительнее, поскольку в результате их сборки в пакет со смещением точек и линий пересечения полос одного экрана относительно другого суммарная эффективная толщина последнего увеличивается и обеспечивается его сплошность для магнитных силовых линий при максимально возможной эластичности. Контактное соединение полос экрана и отдельных экранов между собой происходит как за счет переплетения, так и за счет упругих свойств материала и его некоторой остаточной намагниченности. С уменьшением ширины и толщины составных лент экрана его эластичность увеличивается, но одновременно возрастает трудоемкость его изготовления, что, учитывая актуальность проблемы, не является принципиальным.

Предполагается, что число плетеных экранов в пачке не будет более двух. Если двойной экран не обеспечивает достаточный уровень защитных свойств, увеличение эффективности экранирования можно достичь за счет дополнительной термомагнитной обработки лент, что повысит эффективность еще приблизительно в 2 раза. Однако механические свойства материала экрана (в частности, количество циклов на изгиб) в результате такой обработки ухудшаются. В связи с этим изначально для изготовления экранов предполагается использовать материал с минимальным (до 70 %) содержанием дефицитного кобальта и без дополнительной термомагнитной обработки.

Имеющиеся многочисленные данные о зависимости магнитных особенностей магнитномягких сплавов от уровня внешних МП и коэффициентов экранирования для материалов с разными условиями обработки носят часто противоречивый характер и нуждаются в уточнениях. Отсутствуют также надежные данные о зависимости коэффициентов экранирования низкочастотного

диапазона (0...1000 Гц) внешнего непрерывного или импульсного МП.

Экспериментальное исследование защитных свойств экранов в лабораторных условиях. Основной характеристикой защитного экрана является эффективность экранирования $\mathcal{E}_{\text{экр}}$, которая включает соотношение напряженности электрического поля E , напряженности магнитного поля H или плотности потока мощности (ППМ) в данной точке при отсутствии экрана к E_3 , H_3 или ППМ₃ в той же самой точке при наличии экрана

$$\mathcal{E}_{\text{экр}} = \frac{E}{E_3} = \frac{H}{H_3} = \frac{\text{ППМ}}{\text{ППМ}_3}$$

Защитные свойства материалов целесообразно определять экспериментально путем измерения уровня МП за защитным экраном, как описано в работе [10]. Схема лабораторного стенда для испытания опытных образцов экранов представлена на рис. 1.

Генератор МП позволяет в первом приближении имитировать непрерывные МП со спектральным составом и интенсивностью, характерные для рабочей зоны при контактной сварке. Относительное расположение генератора, датчика МП и экрана-перегородки в экспериментах (с учетом масштабного фактора модели) можно принять произвольным, поэтому измерение напряженности исходного МП и поля за экраном проводили в трех взаимно перпендикулярных плоскостях, после чего рассчитывали результирующее значение

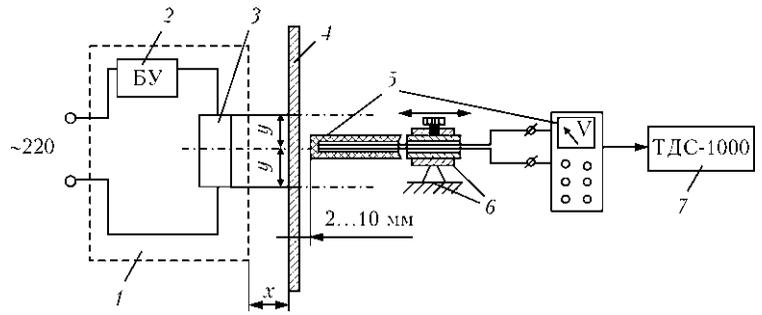


Рис. 1. Схема лабораторного стенда для испытаний опытных образцов защитных экранов: 1 — генератор МП; 2 — блок управления (БУ); 3 — соленоид; 4 — исследуемый магнитный экран (эластичный); 5 — датчик магнитной индукции Холла с преобразованием; 6 — крепление датчика магнитной индукции; 7 — цифровой запоминающий осциллограф с функцией быстрого преобразования Фурье; x, y — имеют варьируемые значения

ние МП (среднее геометрическое). Отметим, что эффективность экрана-перегородки теоретически ниже, чем спецодежды в виде незамкнутого или замкнутого цилиндра. Однако с учетом того, что модельные исследования были предварительными и сравнительными, а конечная проверка эффективности экранирования проводится с образцами спецодежды в производственных условиях, этот факт не является критическим.

Экспериментально интегральную эффективность экранирования в соответствии с требованиями санитарных норм [14] определяли как

$$\mathcal{E}_{\text{экр}} = \frac{\sum H_{1mn}^2}{\sum H_{2mn}^2},$$

где H_{1mn} , H_{2mn} — амплитудная напряженность соответственно исходного МП и после экрана. При этом учитывалось, что расстояние между

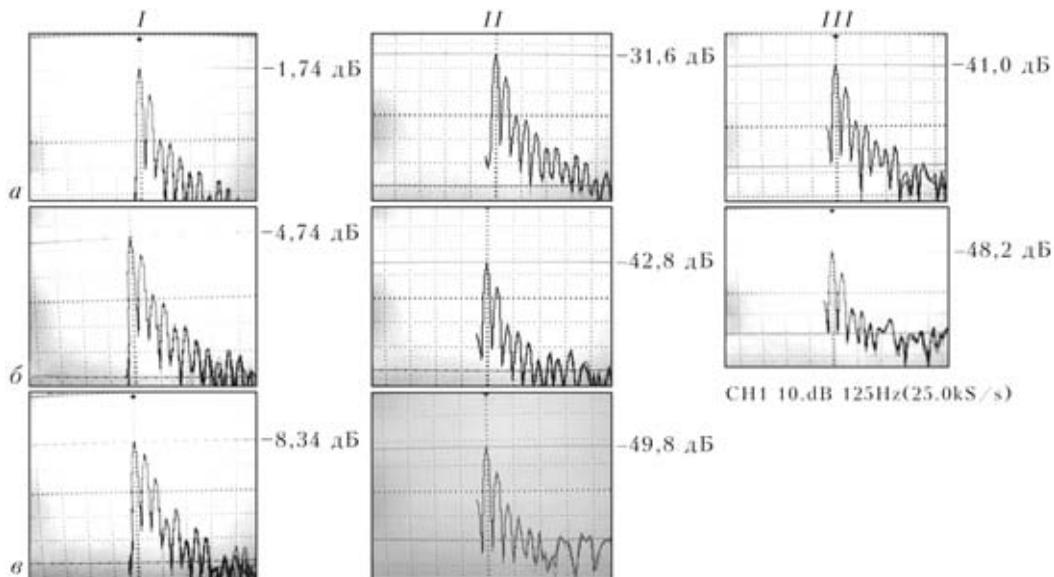


Рис. 2. Характер ослабления выходного МП экспериментальными экранами: а — ручная точечная сварка, $H_m = 14000$ А/м (по основной гармонике 50 Гц); б — точечная сварка на стационарных машинах, $H_m = 420$ А/м; в — рельефная, шовная, стыковая сварка, $H_m = 150$ А/м; I-III — соответственно без экрана, с одинарным и двойным экранами



Таблица 2. Ожидаемая эффективность экспериментальных эластичных экранов при основных способах контактной сварки

Способ контактной сварки	Эффективность защиты экрана с плотным переплетением лент, раз	
	однослойного	двухслойного
Точечная:		
ручная (клещи, пистолеты)	1,2	2,0
механизированная стационарная	14,4	26,0
Шовная		
Рельефная	4,4	18,4
Стыковая		

плоскостью датчика и экраном, равное 2...10 мм (см. рис. 1), отвечает реальному промежутку между телом человека и экранирующей спецодеждой [15].

На спектрограммах (рис. 2) МП различных интенсивностей показан характер дифференциального ослабления каждой гармоники МП незамкнутыми экспериментальными одинарным и двойным экранами из лент аморфного металлического сплава ММ-5Co (Co-Fe-B-Si) шириной $b = 27,5$ мм и толщиной $\delta = 0,0225$ мм, собранными с помощью плотного плетения. Причем при малых расстояниях между экраном и датчиком напряженность МП в каждой из точек, расположенных вдоль полос экрана, периодически незначительно изменяется, достигая минимума непосредственно под полосами. Поэтому напряженность МП определялась как среднее арифметическое из трех значений напряженности, измеренных непосредственно под полосами одно- ($\delta = 0,045$ мм) и двухслойного ($\delta = 0,09$ мм) экрана, а также по середине между смежными полосами разного направления (соответственно $\delta = 0,0225$ и $0,045$ мм) и в узловых точках переплетения (соответственно $\delta = 0$ и $0,045$ мм).

Предварительные результаты лабораторных исследований (табл. 1, 2) показывают, что экспериментальные экраны имеют определенный резерв эффективности экранирования при работе в МП, подобных полям, которые образуются при рассмотренных способах контактной сварки, за исключением ручной точечной сварки с напряженностью МП $H_m > 1000$ А/м (по основной гармонике 50 Гц). При работе на машине для контактной сварки с ручным инструментом (клещами) эффективность экранирования МП с помощью данного экрана не обеспечивает требуемой защиты сварщика.

Сравнение данных табл. 1 и 2, а также общие соображения, изложенные в настоящей работе, позволяют сделать выбор в пользу однослойного экрана с плотным переплетением лент.



Рис. 3. Опытный образец защитного фартука сварщика без подкладки (вид с обратной стороны)

Таким образом, экранирующий слой в спецодежде из магнитомягких лент аморфных металлических сплавов на основе кобальта (Co-Fe-Cr-Si-B) украинского производства при достаточной механической функциональности в основном может обеспечить необходимый уровень защиты сварщика в ближней рабочей зоне при использовании изделия в виде эластичного незамкнутого экрана в МП средней напряженности ($H_m \leq 500$ А/м по основной гармонике 50 Гц) в диапазоне частоты 500...1000 Гц.

На основе выполненных исследований изготовлен функциональный образец защитного фартука для сварщика (рис. 3) [16] при работе на стационарных машинах для контактной сварки с вертикальным расположением электродов (точечной, шовной, рельефной, конденсаторной и др.). Испытания экранирующего фартука в производственных условиях при точечной сварке на машине МТ-2202 показали результаты, аналогичные полученным при лабораторных экспериментах.

1. Левченко О. Г., Левчук В. К. Электромагнитная безопасность в сварочном производстве // Сварщик. — 2008. — № 3. — С. 50–53.
2. Письменный А. С. Высокочастотная сварка металлических изделий / Под ред. Б. Е. Патона. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, 2008. — 178 с.
3. Аполлонский С. М. Расчет электромагнитных экранирующих оболочек. — Л.: Энергоиздат, 1982. — 144 с.
4. Аполлонский С. М. Справочник по расчету электромагнитных экранов. — Л.: Энергоатомиздат, 1988. — 223 с.
5. Пентегов И. В., Тарасенко О. А. Расчет эффективности экранирования плоскими экранами // Техн. электродинамика. — 1983. — № 2. — С. 8–12.
6. Левченко О. Г., Левчук В. К. Гігієнічна оцінка магнітних полів на робочих місцях при застосуванні дугового зварювання металокопункцій // Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин: Збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2004–2006 рр. — К.: ІЕЗ ім. Е. О. Патона НАНУ, 2006. — С. 390–395.
7. Левченко О. Г., Левчук В. К. Безопасный уровень напряженности электромагнитного поля при контактной сварке // Автомат. сварка. — 2008. — № 5. — С. 46–55.
8. Богородицкий Н. П., Пасыков В. В., Тареев Б. М. Электротехнические материалы. — Л.: Энергоатомиздат, 1985. — 301 с.
9. Пат. RU 2274914 Россия, МПК G 12 B 17/02. Магнитный и электромагнитный экран / П. А. Кузнецов, Б. В.

- Фармаковский, А. Ю. Аксионази и др. — Оупбл. 20.04.2006.
10. *Запорожець О. І., Лук'янчиков А. В., Глива В. А.* Оцінка захисних властивостей магнітом'яких матеріалів // Пробл. охорони праці в Україні. — 2007. — Вип. 14. — С. 53–60.
 11. *ДСТУ EN 470-1–2003.* Одяг захисний, що його використовують під час зварювання та інших високотемпературних процесів. Ч.1. Загальні вимоги. — Чинний з 01.07.2004.
 12. *Средства индивидуальной защиты работающих на производстве: Каталог-справочник.* — М.: Профиздат, 1988. — 175 с.
 13. *Новые ткани и материалы для специальной одежды.* — М.: Всесоюз. ин-т ассортимента изделий легкой промышленности и культуры одежды, 1975. — 69 с.
 14. *ДСН 3.3.6.096–2002.* Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. — К.: МОЗ України, 2002. — 16 с.
 15. *Защита от действия электромагнитных полей и электрического тока в промышленности.* — М.: Всесоюз. центр. науч.-исслед. ин-т охраны труда, 1973. — 100 с.
 16. *Пат. UA 50293 Україна, МПК G 12 B 17/00.* Фартух електрозварника / Л. М. Лобанов, О. Г. Левченко, В. К. Левчук та ін. — Оупбл. 25.05.2010.

Issues related to development of means for individual protection of welders from magnetic fields in resistance welding are considered. Investigation results on protective properties of screening materials made from magnetically soft strips of amorphous cobalt-base alloy (Co-Fe-Cr-Si-B) are presented. An apron has been developed to protect welders from electromagnetic radiations.

Поступила в редакцию 15.10.2010,
в окончательном варианте 13.11.2010

НОВЫЕ КНИГИ

Сварочные материалы: Сб. ст. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, 2011. — 240 с., мягкий переплет, формат 200×297 мм.

В сборнике представлены статьи, опубликованные в журнале «Автоматическая сварка» за период 2006–2010 гг., по широкому спектру проблем, связанных с разработкой, производством и применением различных видов сварочных материалов (покрытые электроды, сплошные и порошковые проволоки, ленты, флюсы, припой и др.). Авторами статей являются известные в Украине и за рубежом ученые и специалисты в области сварочных материалов.

Сборник предназначен для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и инженеров, занимающихся проблемами создания и применения сварочных материалов.

Концентрированные источники для сварки. Электронный луч. Лазер. Плазма. Сб. ст. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона НАНУ, 2011. — 250 с., мягкий переплет, формат 200×297 мм.

Сборник объединяет статьи, опубликованные в журнале «Автоматическая сварка» за период 2006–2010 гг., по электронно-лучевой, лазерным, плазменным и гибридным способам сварки, наплавки, нанесению покрытий. Авторами статей являются известные в Украине и за рубежом ученые и специалисты в области разработки и применения технологий, использующих концентрированные источники нагрева.

Сборник предназначен для научных сотрудников, преподавателей, аспирантов и инженеров, занимающихся проблемами сварки, наплавки, пайки и нанесения металлических (и неметаллических) покрытий.

Заказы на книги просьба направлять в редакцию журнала:

тел./факс: (38044) 200-82-77, 200-54-84, e-mail: journal@paton.kiev.ua.

Книги реализуются в печатном виде (доставка заказной бандеролью)

и в электронном виде в *.pdf формате

(отправка по электронной почте с закрытием оплаты по акту выполненных работ).