**Лекция**

**Экологические проблемы сварочных работ**

1. **Сварка металла: общие сведения**

Сварка это процесс получения неразъемного соединения посредством установления межатомных связей между свариваемыми частями при их местном или общем нагреве, или пластическом деформировании, или совместном действии того и другого. В настоящее время создано очень много видов сварки (их число приближается к 100). Все известные виды сварки принято классифицировать по основным физическим, техническим и технологическим признакам. По физическим признакам, в зависимости от формы используемой энергии, предусматриваются три класса сварки:

* термическая сварка металлов
* термомеханическая сварка металлов
* механическая сварка металлов

Термический класс включает все виды сварки с использованием тепловой энергии (дуговая сварка, газовая сварка, плазменная сварка и т. д.).  
Термомеханический класс объединяет все виды сварки, при которых используются давление и тепловая энергия (контактная сварка, диффузионная сварка)  
Механический класс включает виды сварки, осуществляемые механической энергией (холодная сварка, сварка трением, ультразвуковая сварка, сварка взрывом).

**2. Экология дуговой сварки металла**

Дуговая сварка металла это сварка плавлением, при которой нагрев свариваемых кромок осуществляется теплотой электрической дуги. Дуговая сварка металла неплавящимся электродом предусматривает следующее: свариваемые кромки изделия приводят в соприкосновение. Между неплавящимся (угольным, графитовым) электродом и изделием возбуждают дугу. Кромки изделия и вводимый в зону дуги присадочный материал нагреваются до плавления, образуется ванночка расплавленного металла. После затвердевания металл в ванночке образует сварной шов. Этот способ используется при сварке цветных металлов и их сплавов, а также при наплавке твердых сплавов.

Экологические проблемы сварки связаны с загрязнением атмосферы выбросами токсичных веществ, шумовым загрязнением, вибрацией, тепловым излучением и ультрафиолетом и инфракрасным излучением. При воздействии на органы зрения ультрафиолетового и инфракрасного излучения дуги и плазмы возможно возникновение электроофтольмии и катаракты.

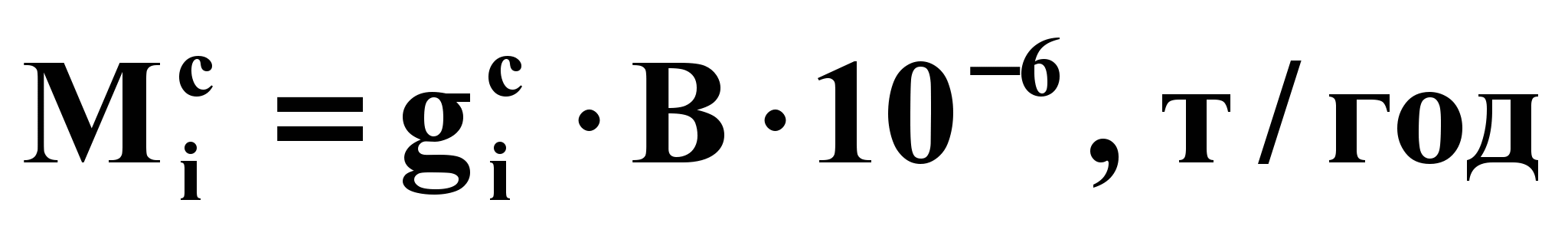
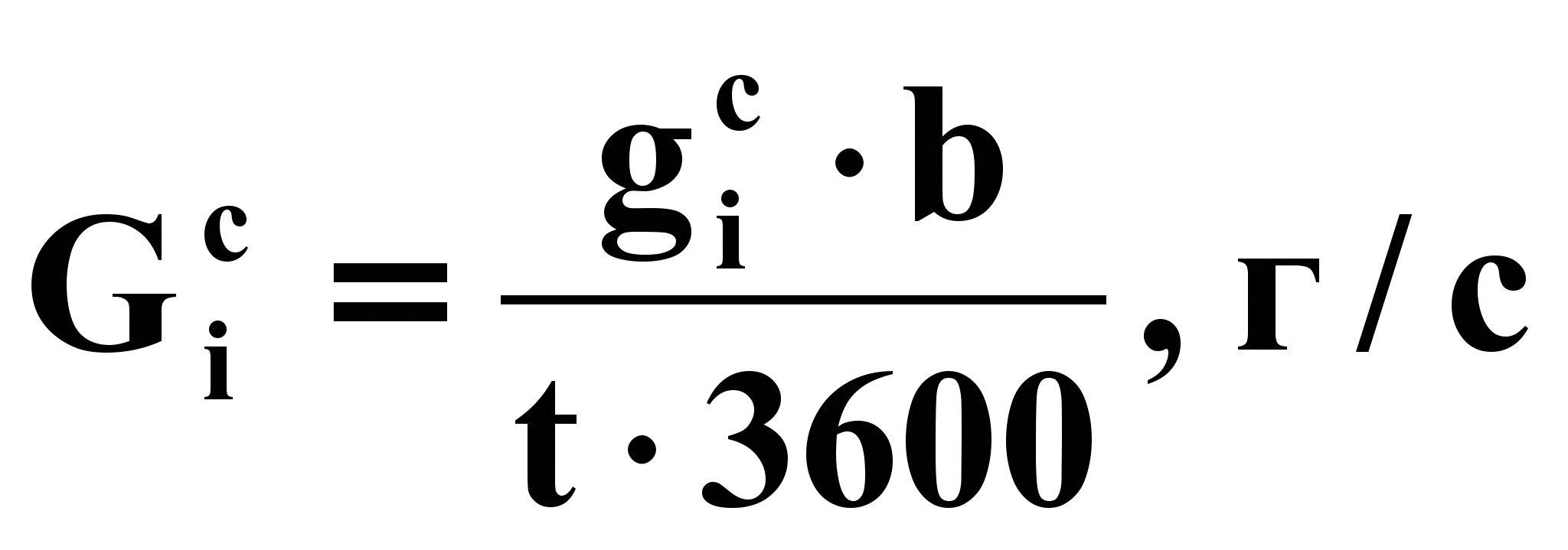
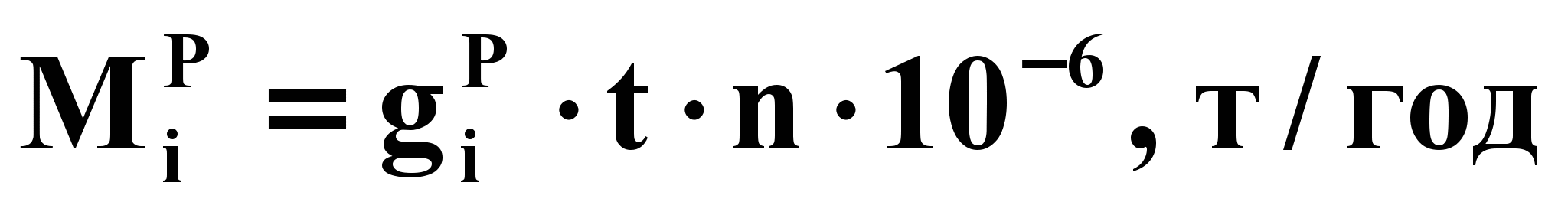
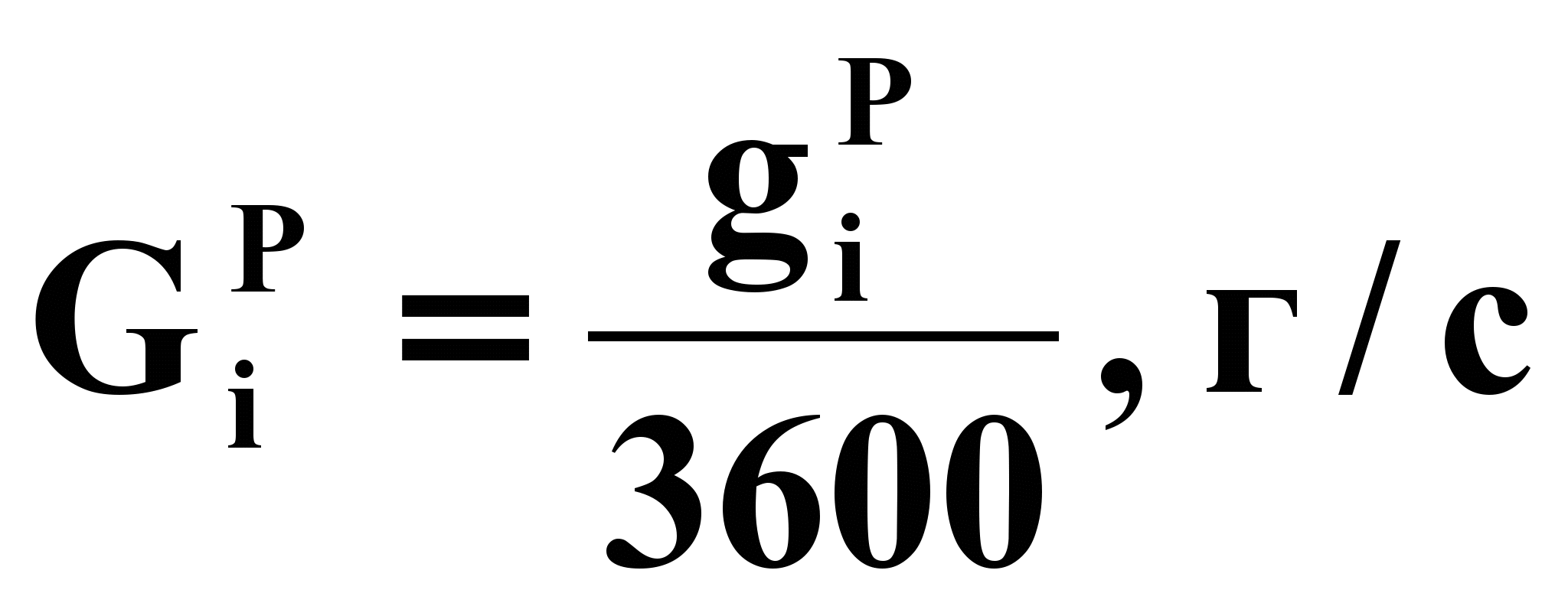
1. **Выбросы при сварке**

**При проведении сварочных работ в окружающую среду выбрасывается, так называемая, сварочная аэрозоль.**

***Сварочный аэрозоль (СА)*** — твердые и газообразные токсические вещества, выделяющиеся при сварке, образующие с воздушной средой [*аэрозоль*](http://slovari.yandex.ru/~%D0%BA%D0%BD%D0%B8%D0%B3%D0%B8/%D0%9E%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B0%20%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B0/%D0%90%D1%8D%D1%80%D0%BE%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D0%B8/) и поступающие в зону дыхания сварщиков и резчиков. Он содержит различные металлы в виде пара и сконденсировавшихся и затвердевших частиц (железа, марганца, кремния, хрома, никеля, меди, титана, алюминия, вольфрама и др.), а также их оксиды. Кроме этого СА содержит фтористый водород, тетрафторид кремния, озон, окись углерода, окислы азота и др. Количество и состав образующихся СА зависят от химического состава сварочных материалов, свариваемых металлов, способов и режимов сварки, наплавки, резки и пайки металлов, состава обмазки электродов и свариваемого металла. *Сварочный аэрозоль имеет высокую дисперсность* ( 99 % частиц размером менее 1 - 2 мкм) На 1 кг сжигаемых марганцевых электродов выделяется 18 - 46 г пыли. Фтористые соединения в *сварочном аэрозоле* образуются при сварке фторсодержащими электродами и флюсами. Титан присутствует в *сварочном аэрозоле* в виде диоксида, поступающего из рутилового покрытия электродов. Эти и подобные им электроды при сварке образуют много пыли, однако в ней содержится незначительное количество токсичных элементов. Кроме того использование [торированных вольфрамовых электродов](http://nt-welding.ru/articles/volframovye-elektrody/) при [сварке в среде защитных газов](http://nt-welding.ru/articles/texnologiya-svarki-alyuminiya/) потенциально может быть связано с выделением в воздух производственных помещений радиоактивного тория и продуктов его распада.

Сварщик находится в зоне выделения этих вредных веществ. ПДК в рабочей зоне (в т. ч. для аэрозолей) не должна превышать в сумме 10 мг/м3. Даже если в цехе имеется хорошая [общеобменная вентиляция](http://nt-welding.ru/articles/trebovaniya-k-ventilyacii/), а воздух цеха соответствует необходимым нормам, то в зоне сварки концентрация вредных веществ все равно превышает все допустимые нормы. Высокая концентрация сварочных аэрозолей в зоне сварки может привести к возникновению у сварщиков профессиональных интоксикаций и пневмокониоза, характер развития и тяжесть которых зависит от химического состава, концентрации, а так же от длительности воздействия этих веществ.

1. **Расчет количества выбросов СА**

Расчет валового выброса загрязняющих веществ при всех видах электросварочных работ производится по формуле:  
  
 **(1)**  
  
где - удельный показатель выделяемого загрязняющего вещества, г/кг расходуемых сварочных материалов;  
  
В - масса расходуемого за год сварочного материала, кг.  
  
Максимально разовый выброс определяется по формуле:  
  
**(2.5.2)**  
  
где b - максимальное количество сварочных материалов, расходуемых в течение рабочего дня, кг,  
  
t - “чистое” время, затрачиваемое на сварку в течение рабочего дня, час.  
  
Расчет валового и максимально разового выброса загрязняющих веществ при газовой сварке ведется по тем же формулам, что и для электродуговой сварки, только вместо массы расходуемых электродов берется масса расходуемого газа.  
 Удельные выделения загрязняющих веществ при газовой сварке приводятся в таблицах.   
Для определения количества загрязняющих веществ, выделяющихся при газовой резке металла, используются удельные показатели (г/час), приведенные в табл. 3.6.3.  
  
Валовый выброс при газовой резке определяется для каждого газорежущего поста отдельно по формуле:  
  
**(3)**  
  
где - удельный выброс загрязняющих веществ в г/час (табл. 3.6.3.);  
  
t - “чистое” время газовой резки металла в день, час;  
  
n - количество дней работы поста в году.  
  
Максимально разовый выброс при газовой резке определяется по формуле:  
  
**(4)**

1. **Снижение выбросов сварочного аэрозоля**

***Первичные мероприятия.*** В наше время для ученых в области сварки и охраны труда одной из важнейших задач является снижение уровня выделения сварочных аэрозолей (СА) методом совершенствования сварочных материалов.

Поскольку источниками образования **СА** являются **металлический и шлаковый расплавы**, то для поиска путей минимизации выделения СА необходимо учитывать три следующих явления:

* покрытие электрода сдерживает образование СА из металлического расплава;
* покрытие электрода само по себе является источником СА;
* СА, который образуется из покрытия электрода, химически взаимодействует с аэрозолем из металлического расплава.

В процессе сварки электродное покрытие плавится, образуя шлак, который, выполняя **основную функцию защиты** металлического расплава от окружающей атмосферы, в то же время препятствует испарению из него летучих легирующих элементов. Поэтому потенциально токсичные металлы, необходимые для обеспечения нужных физико-механических свойств сварного шва, предпочтительнее вводить, если это возможно, в **электродный стержень**, а не в покрытие.

Химический состав СА на 80-90% обусловлен содежимым сварочного электрода. Основной метод улучшения гигиенических характеристик сварочных электродов базируется на изменении состава их покрытия и электродного стержня. Задача эта не из простых, так как основным требованием остается обеспечение качества и необходимых свойств сварного шва. В результате в составе электродов могут присутствовать токсичные химические вещества (марганец, хром, никель, фтор и др.), без которых невозможно обеспечить требуемые свойства сварных соединений. Однако возможности усовершенствования гигиенических характеристик сварочных электродов указанным способом все же имеются.

Как известно, уровни выделений и химический состав сварочного аэрозоля (СА) при сварке покрытыми электродами определяются рядом факторов:

* содержанием в шлаковом расплаве, образующемся в результате плавления покрытия на торце электрода, химических элементов или соединений с высокой упругостью пара (марганца, щелочных металлов, фтористых соединений и др.);
* **окислительным потенциалом** атмосферы дуги;
* **диаметром электрода** и режимом сварки (род и величина сварочного тока, напряжение дуги);
* **характеристикой основности** (кислотности) шлака, от которой зависит интенсивность испарения отдельных его составляющих компонентов.

Последнее влияет на интенсивность поступления в СА соединений щелочных и щелочно-земельных металлов. Для уменьшения уровня выделений СА необходимо увеличивать **кислотность шлака**, повышая в нем содержание структурообразующих анионов кремния, титана и алюминия, снижающих интенсивность испарения калия, натрия, магния и кальция и уменьшая содержание карбонатов магния, магнезита, целлюлозы и т.п., а также алюмосиликатов калия и натрия (жидкое стекло, слюда, полевой шпат).

Одни летучие составляющие шлаковой основы (оксиды щелочных металлов и фтористые соединения) легко переходят в СА, тогда как более тугоплавкие оксиды магния, образующиеся из карбоната магния, и оксиды титана переходят в СА в малых количествах. Некоторые компоненты шлаковой основы, особенно карбонат кальция, при сварке разлагаются с образованием углекислого газа, который действует как **защитный газовый барьер** между окисляющей атмосферой и расплавленным металлом, защищая его от перехода в аэрозоль в результате окисления.

Часть **СА**, образующаяся из металлического расплава, может вступать в химическое взаимодействие с выделяющимся из шлака аэрозолем, образуя **соли, силикаты, шпинели и сложные соединения оксидов**, в результате чего токсичность компонентов СА может усиливаться или ослабляться. Опасным последствием такого взаимодействия между металлическим и шлаковым аэрозолем является появление в СА (преимущественно при сварке коррозионностойких сталей) больших количеств высокотоксичных соединений хрома и никеля с канцерогенными свойствами. **Хром** в составе СА присутствует в виде двух разных по токсичности соединений: в шестивалентном состоянии в виде хроматов и бихроматов натрия и калия (Na2CrO4, Na2Cr2O7, K2CrO4, K2Cr2O7), образующихся в результате взаимодействия хрома, присутствующего в стержне электродов и в электродном покрытии, с оксидами натрия и калия, которые вводят в покрытие электродов в качестве связующего материала (жидкого стекла), и в трехвалентном состоянии в виде Cr2O3. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88, шестивалентный хром относится к первому, а трехвалентный – к третьему классу опасности. То есть при сварке электродами хромоникелевых легированных сталей определяющим токсичным компонентом СА являются соединения **шестивалентного хрома**. Таким образом, для снижения канцерогенной опасности сварочных электродов необходимо уменьшать содержание **щелочных металлов** в составе шлаковой основы.

Установлено, что наиболее благоприятными в гигиеническом отношении являются электроды с **покрытием рутилового вида**, разработанные в свое время для замены руднокислых электродов. А вот для электродов с целлюлозным покрытием характерны наибольшие выделения аэрозоля. Высокий уровень СА в данном случае обусловлен большим количеством выделяемых газов: **CO, CO2, H2**, которые образуются следующими путями:

* путем сгорания органических составляющих целлюлозного покрытия;
* поступлением в расплавленную каплю на торце электрода углерода, образующегося в результате разложения целлюлозы в покрытии;
* усилением выделения СА из-за увеличения интенсивности взрыва жидких капель вследствие окисления углерода и образования СО.

При сварке электродами с основным покрытием высокий уровень выделения СА обусловлен наличием **летучих соединений фтора** (CaF2, Na2SiF6) и высокой основностью шлаковой фазы, способствующей более интенсивному поступлению в СА соединений щелочных металлов. Большое содержание карбонатов (мрамора, мела, известняка, магнезита, доломита) в покрытии способствует сжатию дуги углекислым газом, образующимся при их разложении, что также приводит к повышению интенсивности выделения СА.

При сварке **высоколегированными электродами** с фтористо-кальциевым покрытием (газо и шлакообразующая основа – CaF2-CaCO3-SiO2) основными токсичными компонентами образующегося СА являются соединения **хрома, никеля, растворимые и нерастворимые фториды**, а также газообразные **HF** и **SiF4**. При применении электродов с рутилфтористокальциевым покрытием (TiO2 – CaF2 – CaCO3 – SiO2), в которых значительная часть CaF2 и CaCO3 заменена рутилом (TiO2), уровень выделения твердых и газообразных фторидов значительно **снижается**. Это связано с уменьшением в электродном покрытии доли CaF2. Кроме того, введение в сварочный шлак TiO2 подавляет выделение летающих фторидов вследствие более высокой температуры испарения TiF4, чем SiF4. Установлено также, что высокопроизводительные электроды, легирующие металл шва через стержень, обеспечивают **уменьшение выделений** соединений хрома по сравнению с электродами, легирующими металл через покрытие.

Анализ многочисленных данных о химическом составе СА показывает, что при сварке электродами с рутиловым, кислым и ильменитовым покрытием образуются СА, близкие по химическому составу. Основой СА являются **оксиды железа**. Из шлаковой фазы в СА поступает главным образом SiO2 (20-30%), K2O (5-10%), Na2O (6-10%). Наличие в СА соединений кальция, магния, алюминия и титана незначительно: 0,1-0,8 CaO; 0,1-3% MgO; 0,1-0,3% Al2O3; 0,1-2% TiO2. Содержание наиболее токсичной составляющей СА – соединений **марганца** – при сварке электродами общего назначения составляет 5-10%. Это является результатом ее испарения преимущественно из металлического расплава, в котором концентрация марганца при сварке электродами различных марок также изменяется в сравнительно узком интервале.

Наиболее вредными веществами, которые входят в состав СА, образующихся при сварке углеродистых и низколегированных сталей с покрытием основного типа, являются соединения фтора. Состав СА, образующегося при сварке **целлюлозными электродами**, отличается от состава, который образуется при сварке рассмотренными выше электродами, лишь более высоким содержанием оксидов железа из-за некоторого снижения количества других составляющих.

СА при сварке электродами с покрытием основного типа отличается наличием **большого количества** растворимых и нерастворимых фторидов (10-20% при пересчете на фтор); более высоким по сравнению со сваркой кислыми, рутиловыми и целлюлозными электродами количеством соединений щелочных и щелочноземельных металлов (6-25% Na2O; 5-30% K2O; 7-15% CaO; 0-8% MgO, причем сумма K2O+Na2О составляет 20-40%, а их соотношение определяется главным образом составом жидкого стекла как связующего); более низким содержанием оксидов кремния (4-12%) и железа (10-20% Fe3O4). Эти отличия обусловлены в первую очередь наличием **фторидов** в составе основного покрытия и высокой основностью образующихся при плавлении покрытия шлаков. Кроме того, при сварке электродами с покрытием основного типа в воздухе присутствуют токсичные газообразные фториды (фтористый водород, тетрафторид кремния и т.п.). Содержание **оксидов марганца** в СА, образующемся при сварке электродами с основным покрытием, ниже, чем при сварке электродами других типов, и составляет обычно 3-5%. Это объясняется более **низким содержанием** ферромарганца в покрытии основного типа.

Наиболее вредными веществами, которые входят в состав СА, образующихся при сварке углеродистых и низколегированных сталей с покрытием основного типа являются **соединения фтора** (особенно газообразные), а при использовании электродов с покрытиями рутилового, кислого и целлюлозного типов – **марганец**. При сварке оцинкованных сталей в составе СА присутствуют токсичные соединения цинка.Основными токсичными компонентами СА, образующимися в процессе сварки цветных металлов (алюминия, меди и др.), являются их **оксиды**.

Снижает выбросы СА процессы сварки под слоем флюса, при которых выделяются в 10 - 15 раз меньше марганца, и контактная сварка с применением автоматов и полуавтоматов. При сварке под слоем флюса на 1 кг наплавленного металла выделяется 330 - 400 мг соединений фтора.

***Вторичные мероприятия.*** При использовании материалов, выделяющих повышенное количество *сварочных аэрозолей* ( цветных металлов и сталей с цинком и цинковым покрытием и др.), применяют усиленную вентиляцию, обеспечивающую подачу чистого воздуха к сварщику.

Для эффективного улавливания *сварочного аэрозоля* при работах в помещениях и закрытых объемах ( отсеки, емкости и др.) следует устраивать местную вытяжную вентиляцию на сварочных постах с выбросом удаляемого воздуха наружу вне зоны забора приточного воздуха. Для очистки воздуха от *сварочного аэрозоля рядом зарубежных фирм* выпускаются электрофильтры. После электрофильтра воздух проходит через слой активированного угля. Фирма Koja ( Финляндия) поставляет переносные фильтроагре-гаты производительностью ПО и 200 м / ч с электрофильтрами, обеспечивающими очистку с эффективностью 0 98 от частиц размером 0 3 мкм и более.

Однако общая вентиляция не всегда достигает нужного эффекта, поэтому прибегают к средствам индивидуальной защиты. Для этого в основном используют фильтрующие противопыле-вые респираторы и реже - изолирующие шланговые и автономные дыхательные аппараты. В многопролетных зданиях с целью устранения перетекания *сварочного аэрозоля* на несварочные участки должны устраиваться между пролетами заграждения на высоте 2 5 м от уровня пола до перекрытия здания.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |