**ЗАДАЧИ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА СВАРКИ.**

***Дранкин Андрей Сергеевич***

*Инженерная школа ДВФУ,*

*Владивосток*

*Научный руководитель: Максимец Н.А.*

При разработке технологического процесса сварки конструкции либо изделия из определенного материала необходимо выбрать способ сварки, оборудование для сварки, сварочные материалы, конструктивный тип соединения и элементы подготовки кромок, режимы сварки, методы и нормы контроля качества сварных швов, предусмотреть мероприятия по предупреждению или уменьшению сварочных деформаций.

К технологическим расчетам, относящимся непосредственно к разработке технологии дуговой сварки плавлением, нужно отнести расчеты, связанные с оценкой ожидаемой геометрической формы и размеров, химического состава и механических свойств сварного шва и соединения в целом.

В связи с этим необходимо учитывать условия, в которых осуществляется технологический процесс сварки: химический состав, размеры и толщину свариваемого металла; температуру окружающего воздуха; режим сварки, определяющий долевое участие основного металла в формировании шва; скорость охлаждения металла шва и зоны термического влияния (з. т. в.); химический состав присадочных материалов; их долевое участие в формировании шва, характер протекающих в капле, дуге и сварочной ванне реакций; величину пластических деформаций растяжения, возникающих в металле шва, и з. т. в. при его охлаждении.

Из-за сложности процесса сварки невозможно иметь точные аналитические зависимости, которые позволяли бы рассчитывать упомянутые характеристики сварных соединений по режиму сварки с учетом всех технологических условий. Практическое получение информации, отражающей тонкости явления, а также позволяющей учитывать большое многообразие частных условий, возможно только на основе применения экспериментальных методов. Поэтомуряд параметров технологического процесса сварки, как правило, рассчитывают по приближенным формулам, полученным на основе обобщения и аппроксимации результатов экспериментальных исследований.

При разработке технологического процесса сварки в зависимости от требований можно рассчитывать все или только отдельные промежуточные и выходные характеристики:

а) температуру и скорость охлаждения металла шва и з. т. в., длительность его выдержки в опасном интервале температур (*Tmax,ω*охл, *tв);*

б) долевое участие основного металла в формировании шва, определяемое расчетом величин Fпр, Fни коэффициента γ0;

в) химический состав металла шва для всех легирующих элементов;

г) геометрические размеры шва - глубину проплавления *H,*ширину *e,* высоту усиления *g,* коэффициенты формы провараψпри валикаψв;

д) механические свойства металла шва: предел прочности σв.ш, относительное удлинение δш, относительное поперечное сужение ψш, ударную вязкость *ан.ш.*

Расчеты по пунктам а и б обычно выполняют для всех сталей. Для конструкционных низкоуглеродистых и низколегированных сталей имеются приближенные формулы для расчетов по пунктам г и д. Для закаливающихся сталей можно выполнять расчет по пунктам а – г; кроме того, с помощью термокинетических или изотермических диаграмм распада аустенита оценить ожидаемую структуру металла шва и з. т. в., возможность возникновения закалочных структур и, как следствие, холодных трещин.

Для хромоникелевых аустенитных сталей проводят расчет по пунктама – г; после расчета эквивалентного содержания никеля Niэ и хрома Crэ и суммарного времени выдержки металла в критическом интервале температур Στоп оценивают фазовый состав металла по диаграмме Шеффлера и вероятность образования межкристаллитной (мкк) и общей коррозии.

Строгое математическое обоснование имеют только формулы по расчету процессов нагрева и охлаждения металла при сварке. До настоящего времени наиболее широко практикуется выбор параметров режима сварки по различным таблицам и номограммам, построенным на основании большого числа экспериментов. Использование этих данных позволяет выбрать все параметры режима сварки *I, U, vсв, vпп,dэ,lэ.* При этом можно быть уверенным, что будут обеспечены необходимое проплавление свариваемых кромок, удовлетворительная форма внешней части шва, механические свойства металла шва на уровне основного металла. Однако номограммы и таблицы не содержат информации о таких важных и интересных для технолога сведениях, как: 1) какие размеры имеет шов (*H, e, g,*ψпр,ψв); 2) каковы величины *Fпр,Fн* и γ0; 3) какие механические характеристики будут иметь металл шва (σв.ш, σт, δш, ψш). Только наличие указанных сведений позволяет из нескольких вариантов выбрать оптимальный, обеспечивающий не только отсутствие дефектов, но и наиболее благоприятные прочностные и эксплуатационные качества при наибольшей производительности и минимальном расходе сварочных материалов, электроэнергии, зарплаты, накладных и других расходов.

Выбор оптимальных режимов сварки должен базироваться на сравнении указанных количественных показателей нескольких вариантов, а это наиболее просто, дешево и объективно можно сделать расчетным путем. Именно это и определило стремление многих исследований на основе накоплений фактических опытных данных, их научной систематизации, обобщения и математической обработки разработать расчетные алгоритмы, т.е математические модели, с той или иной точностью отображающие сущность интересующих технологов процессов сварки.

В настоящее время математическая модель исследуемого объекта или процесса становится необходимой частью экспериментальных исследований, так как без нее трудно правильно с наименьшими затратами осуществить экспериментальное исследование и статистическую обработку полученных результатов.

Классический однофакторный эксперимент предусматривает, что при выполнении его все независимые переменные, за исключением одной, полагаются постоянными, а одна переменная изменяется во всем выбранном диапазоне своих значений. Затем аналогичные опыты повторяются для других факторов и делается попытка суммирования результатов однофакторных экспериментов.

Реализация такого плана экспериментов не вызывает затруднений, однако она связана с увеличением продолжительности затратой больших количеств материалов и средств, дает невысокую точность, не позволяет учитывать одновременное совместное действие нескольких факторов.

По указанной причине в настоящее время планирование экспериментальных исследований осуществляют на базе математических моделей, процессов и явлений, которые основаны на идеях теории подобия, либо многофакторного планирования экспериментов.

Если на основании анализа физической сути изучаемого процесса и теории подобия удается получить критерии подобия и комплексные параметры или так называемые обобщенные координаты этого процесса, можно успешно и с высокой степенью точности обобщить результаты различных экспериментов, отвечающих условиям подобия.

Переход от обычных физических параметров к обобщенным безразмерным или размерным комплексам (которые включают наиболее характерные параметры процесса) очень удобен, так как при этом уменьшается число варьируемых параметров, более четко выявляются внутренние закономерности изучаемого процесса, сокращаются время и материальные затраты на проведение экспериментальной части, появляется возможность накопления данных различных экспериментов на одной обобщенной базе сравнения.

При невозможности использования теории подобия для получения более обширной информации о совместном влиянии отдельных параметров процесса, а также для сокращения числи необходимых экспериментов и целенаправленной их постановки используют метод многофакторного планируемого эксперимента. В основу этого метода положен множественный корреляционный анализ, позволяющий получить эмпирическую зависимость между результатами наблюдений и независимыми переменными на основе небольшого числа запланированных опытов в форме функциональной зависимости различной степени, которая учитывает раздельное влияние отдельных параметров, а также их совместное действие. В этом случае внутренняя физическая природа протекающих процессов не вскрывается, но формальное влияние тех или иных параметров под ход процесса может быть установлено количественно с учетом одновременного действия нескольких независимых переменных (параметров).

При использовании этого метода значительно сокращается число опытов, необходимых для нахождения функциональной зависимости и, кроме того, полученные решения могут быть использованы как интерполяционные формулы, которые характеризуют количественную сторону изучаемого явления.

Таким образом, возможности расчетов по пунктам а–д различны и применение их обусловлено наличием уже существующих приближенных расчетных формул и умением правильно построить необходимое экспериментальное исследование с целью получения таких формул. Именно такой подход, основанный на использовании количественного анализа вариантов, при выборе и обосновании режимов сварки представляется наиболее правильным.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Акулов, А.И. Технология и оборудование сварки плавлением. Учебник для студентов вузов/ А.И. Акулов, Г.А. Бельчук, В.П. Демянцевич. – М.: Машиностроение, 1977. – 432 с.

2. Березовский, Б.М. Математические модели дуговой сварки: в 3 т. – Том 2. Математическое моделирование и оптимизация формирования различных типов сварных швов/ Б.М.Березовский. –Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2003.-601 с.

3. Патон, Б.Е. Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Б.Е. Патон. – М.: Машиностроение, 1974. – 768 с.

Дранкин Андрей Сергеевич

Дальневосточный Федеральный Университет г.Владивосток

E-mail: andrey-1.1.93@mail.ru