Добрый день уважаемые обучающиеся. В связи с переходом на дистанционное обучение, вам выдается материал дистанционно.

Изучив теоретический лекционный материал, вам необходимо:

1. Составить краткие лекционные записи;
2. Ответить на вопросы;
3. Выполнить домашнее задание;
4. Краткую запись лекции, варианты ответов на вопросы, а так же домашнее задание переслать мастеру производственного обучения, Кутузову Константину Викторовичу, на электронный адрес[**kytyzov84@mail.ru**](mailto:kytyzov84@mail.ru)в формате **PDF** или **JPG**

**Дистанционный урок МДК 01.01**

**№ 9 - 1час группа № 16**

(согласно КТП на 1-2 полугодие 2019-2020г)

**Тема:** «Нагрев основного металла и формирование сварочной ванны»

*НАГРЕВ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА*

Нагрев металлов и сплавов производят либо для уменьшения их сопротивления пластической деформации (т. е. перед ковкой или прокаткой), либо для изменения кристаллической структуры происходящего под воздействием высоких температур (термообработка). В каждом из этих случаев условия протекания процесса нагрева оказывают существенное влияние на качество конечного продукта.

*Решаемые задачи предопределяют основные характеристики процесса нагрева:* температуру, равномерность и продолжитель­ность.

Температурой нагрева обычно называют конечную температуру поверхности металла, при которой он в соответ­ствии с требованиями технологии может быть выдан из печи. Значение температуры нагрева зависит от химического состава (марки) сплава и от цели нагрева.

При нагреве перед обработкой давлением температура выдачи заготовок из печи должна быть достаточно высокой, так как это способствует уменьшению сопротивления пластической деформа­ции и приводит к сокращению расхода электроэнергии на обра­ботку, повышению производительности прокатного и кузнечного оборудования, а также увеличению срока его службы.

Однако существует верхний предел температуры нагрева, поскольку она лимитируется ростом зерна, явлениями перегрева и пережога, а также ускорением окисления металла. В процессе нагрева большинства сплавов при достижении точки, лежащей на 30-100°С ниже линии солидус на их диаграмме состояния, благодаря ликвации и неметаллическим включениям, на границах зерен появляется жидкая фаза; это приводит к ослаблению меха­нической связи между зернами, интенсивному окислению на их границах;

такой металл теряет прочность и разрушается при обработке давлением.

Это явление, называемое пережогом, ли­митирует максимальную температуру нагрева. Пережженный металл не может быть исправлен никакой последующей терми­ческой обработкой и пригоден только для переплавки.

Перегрев металла приводит к чрезмерному росту зерна, в ре­зультате чего ухудшаются механические свойства. Поэтому про­катка должна завершаться при температуре более низкой, чем температура перегрева. Перегретый металл можно исправить посредством отжига или нормализации.

Низший предел температуры нагрева устанавливают исходя из допускаемой температуры в конце обработки давлением с уче­том всех потерь тепла от заготовки в окружающую среду и вы­деления тепла в ней самой за счет пластической деформации. Следовательно, для каждого сплава и для каждого вида обработки давлением существует определенный диапазон температур, выше и ниже которого не следует нагревать заготовку. Эти сведения приведены в соответствующих справочниках.

Вопрос о температуре нагрева особенно важен для таких слож­ных сплавов, как, например, высоколегированные стали, которые в процессе обработки давлением оказывают большое сопротивле­ние пластической деформации, и в то же время, склонны к пере­греву и пережогу. Эти факторы обусловливают более узкий диа­пазон температур нагрева высоколегированных сталей по сравне­нию с углеродистыми.

При термической обработке температура нагрева зависит только от технологических требований, т. е. от вида термообра­ботки и ее режима, обусловленных строением и структурой сплава.

Равномерность нагрева определяется величиной разности температур между поверхностью и центром (поскольку это обычно наибольшая разность) заготовки при выдаче ее из печи:

***∆Ткон = Тконпов — Тконцен.***

Этот показатель также очень важен, по­скольку слишком большая разность температур по сечению заготовки при нагреве перед обработкой давлением может вызвать неравномерную деформацию, а при нагреве под термообработку — повлечь за собой незавершенность требуемых превращений по всей толщине металла, т. е. в обоих случаях — брак конечной продукции. Вместе с этим, Процесс выравнивания температура по сечению металла требует длительной выдержки его при высокой температуре поверхности.

Однако, полной равномерности нагрева металла перед обработкой давлением не требуется, так как в процессе транспортировки его от печи к стану или прессу и прокатки (ковки) неизбежно происходит выравнивание температуры по сечению слитков и заготовок в связи с отдачей тепла в окружающую среду с их поверхности и теплопроводностью внутрь металла. Исходя из этого, допустимую разность температур по сечению принимают обычно по практическим данным при нагреве перед обработкой давлением в следующих пределах:

*для высоколегированных сталей ∆Ткон = 100δ;*

*для всех других марок стали ∆Ткон = 200δ при δ <0,1 м и ∆Ткон = 300δ при δ > 0,2 м. Здесь δ — прогреваемая толщина металла.*

Во всех случаях перепад температур по толщине заготовки в конце ее нагрева перед прокаткой или ковкой не должен пре­вышать 50 °С, а при нагреве под термообработку 20 °С, независимо от толщины изделия. При нагреве крупных слитков допускается их выдача из печи при ∆Ткон <100 °С.

Другой важной задачей технологии нагрева металла является обеспечение равномерного распределения температуры по всей поверхности заготовок или изделий к моменту их выгрузки из печи. Практическая необходимость этого требования очевидна, так как при значительной неравномерности нагрева по поверх­ности металла (даже при достижении необходимого перепада тем­ператур по толщине) неизбежны такие дефекты, как неравномер­ность профиля готового проката или различные механические свойства изделия, подвергнутого термообработке.

Обеспечение равномерности температуры по поверхности на­греваемого металла достигается посредством правильного выбора печи для нагрева определенного типа заготовок или изделий и соответствующего размещения в ней теплогенерирующих уст­ройств, создающих необходимое поле температур в рабочем пространстве печи, взаимного расположения заготовок и т. п.

Продолжительность нагрева до конечной температуры также является важнейшим показателем, так как от него зависят производительность печи и ее размеры. В то же время продолжительность нагрева до заданной температуры опре­деляет скорость нагрева, т. е. изменение температуры в некоторой точке нагреваемого тела в единицу времени. Обычно скорость нагрева изменяется по ходу протекания процесса, и поэтому различают скорость нагрева в некоторый момент времени и сред­нюю скорость нагрева за рассматриваемый интервал времени.

Чем быстрее осуществляется нагрев (т. е. чем больше скорость нагрева), тем, очевидно, выше производительность печи при про­чих равных условиях. Однако в ряде случаев скорость нагрева не может быть выбрана сколь угодно большой, даже если условия внешнего теплообмена и позволяют его осуществить. Это связано с определенными ограничениями, накладываемыми условиями протекания процессов, сопровождающих нагрев металла в печах и рассматриваемых ниже.

Процессы, протекающие при нагреве металла. При нагреве металла происходит изменение его энтальпии, а по­скольку в большинстве случаев подвод тепла производится к по­верхности слитков и заготовок, то их наружная температура выше температуры внутренних слоев. В результате термического рас­ширения разных частей твердого тела на разную величину возни­кают напряжения, получившие название термических.

Другая группа явлений связана с химическими процессами на поверхности металла при нагреве. Поверхность металла, находя­щаяся при высокой температуре, вступает во взаимодействие с окружающей средой (т. е. с продуктами сгорания или с воздухом), в результате чего на ней образуется слой оксидов. В случае, если какие-либо элементы сплава взаимодействуют с окружающей металл средой с образованием газовой фазы, то происходит обед­нение поверхности этими элементами. Например, окисление угле­рода стали при ее нагреве в печах, вызывает поверхностное обез­углероживание.

Термические напряжения

Как отмечено выше, в сечении слитков и заготовок при их нагреве возникает неравномерное распределение температур и, следова­тельно, разные части тела стремятся изменить свой размер в раз­ной степени. Так как в твердом теле существуют связи между всеми отдельными его частями, то они не могут независимо де­формироваться в соответствии с теми температурами, до которых они нагреты. В результате возникают термические напряжения, обусловленные разностью температур. Наружные, более нагретые слои, стремятся расшириться и находятся, поэтому в сжатом со­стоянии. Внутренние, более холодные слои, подвержены при этом растягивающим усилиям. Если эти напряжения не превосходят предела упругости нагреваемого металла, то с выравниванием температуры по сечению термические напряжения исчезают.

Все металлы и сплавы обладают упругими свойствами до опре­деленной температуры (например, большинство марок стали до 450—500 °С). Выше этой определенной температуры металлы переходят в пластическое состояние и возникшие в них терми­ческие напряжения вызывают пластическую деформацию и исче­зают. Следовательно, температурные напряжения должны учиты­ваться при нагреве и охлаждении стали только в интервале тем­ператур от комнатной до точки перехода данного металла или сплава из упругого состояния в пластическое. Такие напряжения называются исчезающими, или временными.

Кроме временных, существуют остаточные температурные напряжения, увеличивающие опасность разрушения при нагреве. Эти напряжения возникают в случае, если слиток или заготовка ранее подвергались нагреву и охлаждению. При охла­ждении наружные слои металла (более холодные) раньше дости­гают температуры перехода из пластического в упругое состояние. По мере дальнейшего охлаждения внутренние слои оказываются под воздействием растягивающих усилий, которые не исчезают вследствие малой пластичности холодного металла. Если этот слиток или заготовка будут снова нагреты, то возникающие в них временные напряжения наложатся с тем же самым знаком на остаточные, что усугубит опасность возникновения трещин и раз­рывов.

Помимо временных и остаточных температурных напряжений при нагреве и охлаждении сплавов возникают также напряжения, вызванные структурными изменениями объема. Но так как эти явления имеют место обычно при температурах, превышающих границу перехода из упругого состояния в пластическое, то структурные напряжения рассеиваются в связи с пластическим состоянием металла.

Зависимость между деформациями и напряжениями уста­навливает закон Гука -

**σ=  (Тср-Т)**

где β — коэффициент линейного расширения;

 Тср — средняя тем­пература тела;

Т — температура в данном сечении тела; Е — модуль упругости (для многих марок стали величина Е снижается с (18÷22).104 МПа до (14÷17).104 МПа с увеличением темпера­туры от комнатной до 500 °С; σ —- напряжение; v — отношение Пуассона (для стали v ≈ 0,3).

Большой практический интерес представляет нахождение ма­ксимально допустимой разности температур по сечению тела ∆Тдоп = Тпов — Тцен. Наиболее опасными в этом случае являются растягивающие напряжения, поэтому их следует учитывать при расчете допустимой разности температур. В качестве прочностной характеристики следует принимать значение временного сопро­тивления сплава разрыву σ в.

*ФОРМИРОВАНИЕ СВАРОЧНОЙ ВАННЫ*

Важным фактором, влияющим на геометрические размеры шва и глубину проплавления, является пространственное расположение шва при сварке. При вертикальном расположении создаются особенно благоприятные условия для глубокого проплавления металла благодаря удалению расплавляющегося металла из-под дуги в результате давления источника и под действием силы тяжести (рис. 1,а).

В связи с этими же обстоятельствами при сварке изделий в наклонном положении на подъем глубина проплавления возрастает, при сварке на спуск — снижается. В первом случае металл под действием силы тяжести перетекает в хвостовую часть ванны, уменьшая толщину расплавленной прослойки в пятне нагрева, во втором случае под действием силы тяжести металл затекает в головную часть ванны, опережая источник теплоты, и увеличивает толщину расплавленной прослойки (рис2).

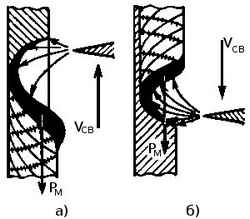
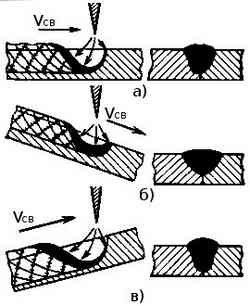


Рис. 1. ***Сварка вертикальных соединений со свободным формированием швов:****а — снизу вверх (на подъем); б— сверху вниз (на спуск); Рм - сила тяжести  расплавленного металла*



***Рис. 2. Сварка в нижнем положении***  
*а — без наклона; б — наклон по направлению сварки (на спуск); в — наклон против направления сварки (на подъем)*

Формирование швов на спуск и на подъем имеет место при сварке кольцевых поворотных швов, расположенных в вертикальной плоскости. Условия формирования швов зависят от смещения источника нагрева относительно верхней точки окружности (рис. 3). При смещении источника нагрева в сторону, противоположную вращению изделия, происходит формирование шва на спуск; по направлению вращения изделия — на подъем.

При сварке кольцевых швов изделий небольшого диаметра возникает опасность стекания расплавленного металла из [сварочной ванны](https://xn--80awbhbdcfeu.su/vanna/). Предупредить стекание можно сокращением ее размеров, изменяя режим или смещая источник против вращения. Обычно используют оба пути; сварку поворотных стыков колцевых швов малых диаметров, как правило, ведут на спуск при небольшой глубине проплавления.

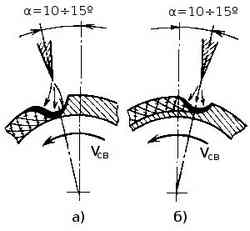


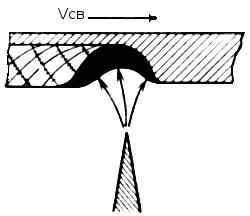
Рис. 3. ***Формирование швов при сварке кольцевых соединений (а — угол смещения источника нагрева)***:

*а — на подъем; б — на спуск*

Удержание ванны приобретает особенно важное значение при сварке в вертикальном и потолочном положениях.  
 При сварке в вертикальном положении процесс можно вести сверху вниз (на спуск) и снизу вверх (на подъем) (см. рис. 2.3). В обоих случаях сила тяжести ванны направлена вниз по продольной оси шва. При сварке на спуск удержанию ванны способствует давление источника. При сварке на подъем ванна удерживается только силами поверхностного натяжения. При сварке в вертикальном положении для удержания ванны приходится ограничивать тепловую мощность и размеры ванны. Большой эффект достигается с применением импульсного введения теплоты, когда размеры ванны особенно ограничены.

Большое распространение получила сварка вертикальных соединений с двусторонним принудительным формированием шва. Сварку ведут снизу вверх с расположением источника нагрева в направлении оси шва. Сварку с двусторонним принудительным формированием (электрошлаковую, дуговую) применяют для соединения толстостенных элементов.

Выполнение сварных соединений в потолочном положении (рис. 4) осложняется не только опасностью стекания ванны. Возникает необходимость переноса присадочного металла в ванну в направлении, противоположном действию силы тяжести. При сварке в потолочном положении ванна удерживается силами поверхностного натяжения и давлением источника. Для удержания ванны в потолочном положении такженеобходимымеры по ограничению ее объема.

******

***Рис. 4. Формирование ванны и шва при сварке в потолочном положении***

Примером формирования шва во всех пространственных положениях, в том числе и промежуточных, может служить сварка неповоротных стыков кольцевых швов (рис. 5). В различных участках создаются неодинаковые условия существования ванны и соответственно меняется ее форма. Наибольшая глубина проплавления сварочной ванны достигается при угле поворота источника нагрева, равном 270°. При этом формирование шва осуществляется на подъем. Наименьшая глубина соответствует повороту  источника на 90° и формированию шва на спуск. Для поддержания постоянства параметров ванны и шва в процессе сварки необходимо изменять режим, например, сварочный ток, скорость сварки, давление защитного газа над сварочной ванной и др.

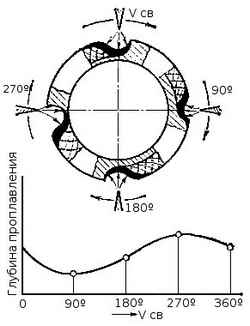


Рис.5. ***Формирование шва и зависимость глубины проплавления от положения ванны в пространстве при сварке неповоротных кольцевых соединений***

Особенно неблагоприятные условия формирования шва наблюдаются при выполнении горизонтальных сварных соединений в вертикальной плоскости (рис. 6). Расплавленный металл ванны натекает на нижнюю свариваемую кромку. Это приводит к образованию несимметричной выпуклости шва, а в ряде случаев и подрезов. При сварке горизонтальных швов требования к сокращению размеров сварочной ванны особенно жесткие.

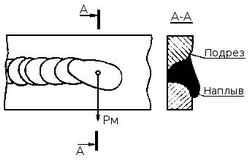


Рис. 6. *Формирование горизонтального шва при сварке в вертикальной плоскости*

Проверочные вопросы:

1. Для чего производят нагрев основного металла?
2. Как производят нагрев основного металла?
3. Почему формируется сварочная ванна?
4. Как избавиться от сформировавшейся сварочной ванны?
5. Как взаимодействует нагрев основного металла и формирование сварочной ванны?

Домашнее задание:

Составить кроссворд по этой теме, состоящий не меньше чем из 10 вопросов (с сопровождением правильных ответов).