ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ ЧУГУНА

ПЛАН УРОКА:

I. Трудности при сварке чугуна
II. Горячая сварка чугуна
III. Холодная сварка чугуна
IV. Сварка-пайка чугуна

(I) ТРУДНОСТИ ПРИ СВАРКЕ ЧУГУНА

1. Низкая пластичность приводит к появлению трещин при сварочных напряжениях. Трещины могут образовываться как в основном металле, так и в металле шва в процессе сварки и при охлаждении сварного изделия.

2. Склонность чугуна при высоких скоростях охлаждения закаливаться с образованием закалочных структур (мартенсита, бейнита, троостита). В закаленных участках чугун становится твердым (800 НВ) и не поддается механической обработке. Закалочные структуры вредны еще и потому, что их образование сопровождается появлением напряжений и образованием трещин.

3. Способность чугуна к отбеливанию при быстром охлаждении места сварки обычно приводит к образованию тонкой отбеленной прослойки на границе сварного шва и металла изделия. Эта отбеленная прослойка имеет низкую пластичность, она вместе с наплавленным металлом откалывается от основного металла или вызывает трещину по границе отбеленной прослойки с основным металлом.

- 4. Чугуны не имеют тестообразного состояния при переходе от жидкого к твердому. Это свойство чугуна затрудняет сварку его в наклонном и вертикальном положениях и не позволяет вести сварку в потолочном положении.

- 5. Склонность к образованию пористости, что объясняется низкой температурой плавления (промышленные чугуны обычно имеют $T_{пл}$ = 1200-1250°С) и быстрым переходом из жидкого в твердое состояние. Поэтому газы (в основном CO и CO_2, образующиеся при окислительной атмосфере) не успевают выделиться **из** металла.

6. Разнородность чугунных изделий по химическому составу, термической обработке и структуре, что требует разнообразной технологии и приемов сварки.

- Мелкозернистые серые чугуны свариваются лучше, чем крупнозернистые. Плохо свариваются так называемые черные чугуны, которые в изломе имеют крупнозернистое строение темного цвета. Такие чугуны называют графитными, так как в них весь углерод находится ввиде свободного графита. При сварке чугуна с такой структурой не получается необходимое качество сварного соединения. Высокопрочные и ковкие мелкозернистые, чугуны свариваются лучше, чем серые.

- Чугун обрабатывается сваркой, сварко-пайкой и пайкой.
- Этими видами обработки могут устраняться внешние пороки в отливках, выполняться ремонт чугунных изделий, вышедших из строя при эксплуатации, и соединяться чугунные части при изготовлении сварно-литых конструкций.
- Однако в промышленности широкое применение нашли только дуговая и газовая сварка.
- Чугунные изделия сваривают с подогревом (горячая сварка) и без подогрева (холодная сварка).

(II) ГОРЯЧАЯ СВАРКА ЧУГУНА

- Горячую сварку можно применять для изделий ограниченных размеров и массы, практически до 2,5 т, так как при большом объеме нагретого металла производить сварку трудно.

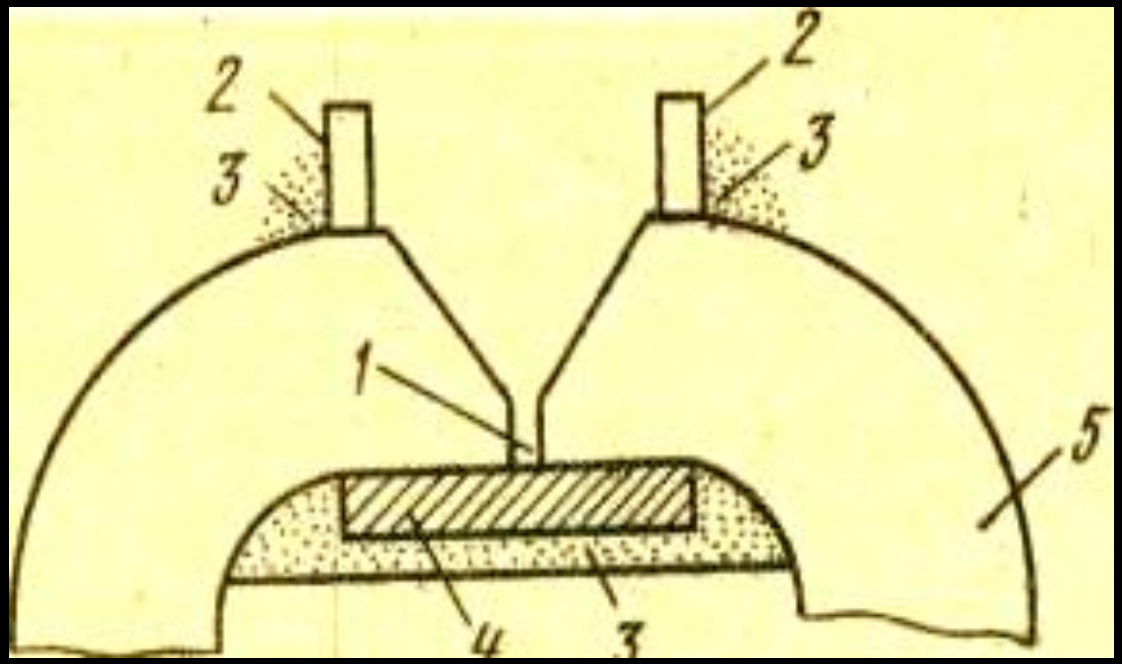
- Горячая сварка чугуна выполняется в такой последовательности.

1. Подготовка к сварке. Раковины и шлаковые включения полностью удаляются обычно механическим способом-вырубкой или сверлением. Трещины, подлежащие заварке, вырубаются с разделкой; невырубленным остается притупление в 3-6 мм.

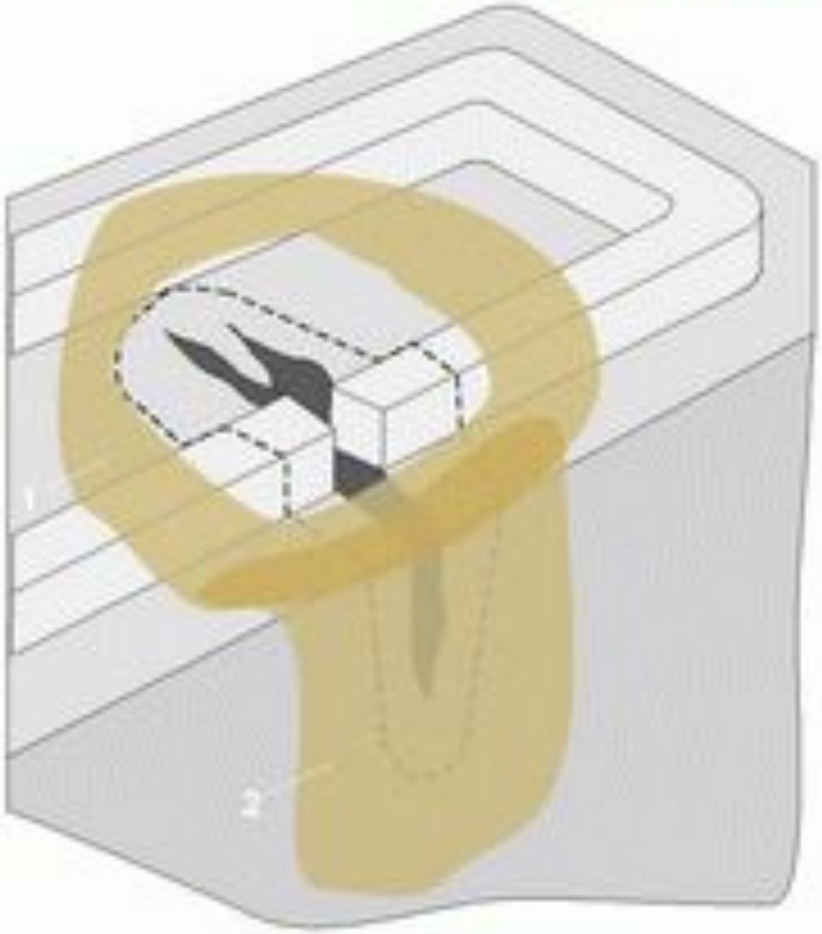
- Если объем металла, подлежащего наплавке, велик и превышает 60 $см^3$, то место, предназначенное к сварке, должно быть заформовано так, чтобы можно было обеспечить заполнение этой части ванны жидким чугуном.

- Формовку выполняют графитовыми пластинами или формовочным песком, замешанным на жидком стекле. Формовка должна исключить возможность вытекания жидкого металла из ванны.
- Объем расплавленной ванны должен обеспечивать возможность поддержания ее в жидком состоянии.
- После заварки одной секции и затвердения заваренного участка вставка вынимается.

Подготовка чугунного изделия с трещиной под сварку с подогревом:



1- трещина,
2-графитовые пластины,
3- формовочная смесь,
4-графитовая вставка,
5-ссвариваемое изделие



1 - ВЕРХНЯЯ ФОРМОВКА 2 - БОКОВАЯ ФОРМОВКА

ФОРМОВКА ИЗГОТОВЛЯЕТСЯ ИЗ ОГНЕУПОРНОЙ ГЛИНЫ ИЛИ ФОРМОВОЧНОЙ ЗЕМЛИ, СКРЕПЛЕННОЙ ЖИДКИМ СТЕКЛОМ. ФОРМА РАЗДЕЛКИ ПОКАЗАНА ПУНКТИРОМ

2. **Подогрев изделий** производится в печах или специальных нагревательных ямах. Обычно температура нагрева при газовой сварке поддерживается в пределах 450-600°С и при дуговой сварке-700-850°С.

- Подогрев чугунных изделий перед сваркой до таких высоких температур требуется для того, чтобы снизить скорость охлаждения металла шва и придать ему относительно высокие пластические свойства и возможность обработки режущим инструментом;

- Присадочным материалом при горячей сварке служат чугунные прутки марок А и Б в которых графитизация углерода обеспечивается повышенным содержанием кремния.
- В результате этого наплавленный металл имеет преимущественно ферритную структуру; прочность его ниже прочности самого чугунного изделия.
- Заводом «Станколит» предложены специальные низколегированные прутки СТЧ-5а, СТЧ-5б обеспечивающие наплавленный металл перлитной структуры.
- Литые стержни имеют диаметры 4, 6, 8, 10, 12 мм.

3. Выполнение сварки.

- Газовая сварка производится нормальным пламенем горелкой с наконечниками № 5-7. Допускается сварка науглероживающим пламенем.
- Флюсы предназначены для удаления из сварочной ванны окислов растворением и переводом их в легкоплавкие шлаки. Чаще всего в качестве флюса используют прокаленную буру или смесь из 50% углекислого и 50% двууглекислого натрия.

- Флюс ФСЧ-1 (рекомендует ВНИИавтогенмаш) состоит из 23% прокаленной буры, 27% углекислого натрия и 50% азотнокислого натрия.
- Защиту сварочной ванны эффективно выполнять газообразным флюсом БМ-1, состоящим из летучей бороорганической жидкости (он чаще применяется для сварки латуней).
- При газовой сварке чугунный пруток погружают в сварочную ванну только после нагрева его конца до температуры светло-красного каления. Пруток вынимают из ванны по возможности редко и только для нанесения флюса. Основной металл и присадочный пруток плавятся под флюсом.

- Дуговая сварка чугуна выполняется как угольным электродом с применением чугунного присадочного прутка (А и Б), так и покрытыми чугунными электродами (ОМЧ-1).
- Для удаления окислов кремния при сварке угольной дугой используют те же флюсы, что и при газовой сварке чугуна.
- При диаметре чугунного электрода 6-8 мм (до12мм) сварочный ток:

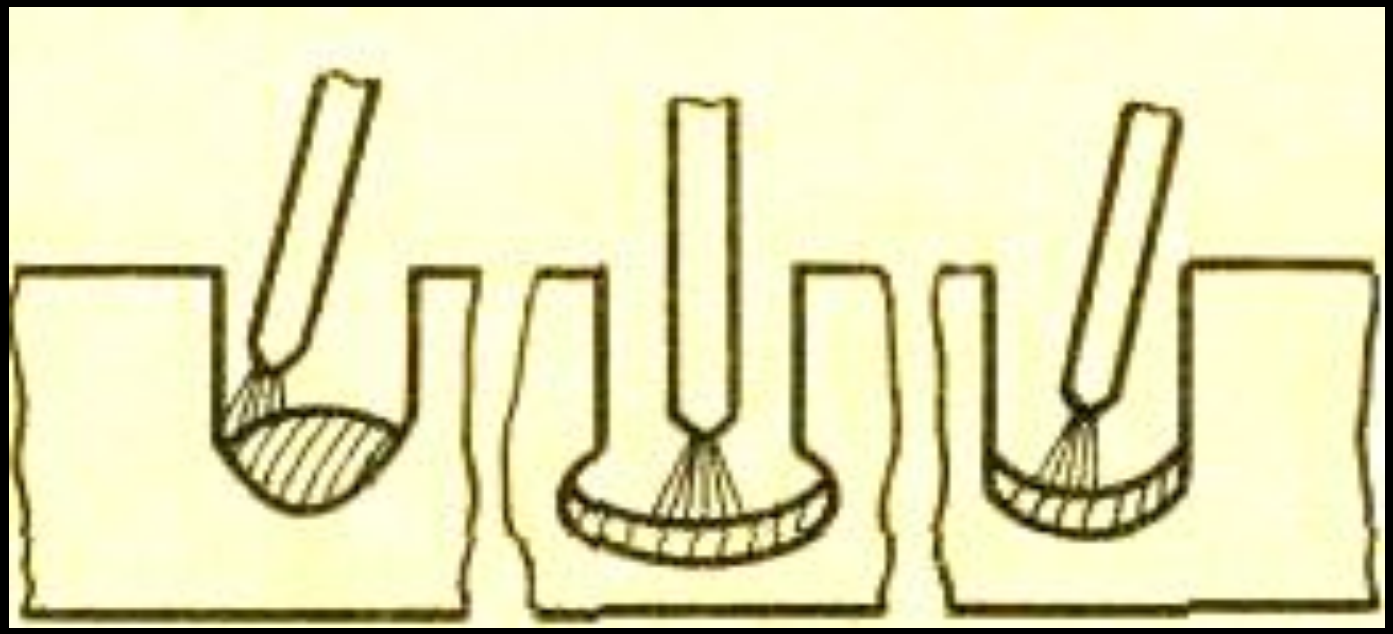
$$I_{св}=(60\text{-}100)\cdot d_э$$

- Род тока— любой, при постоянном токе применяют прямую полярность.

- При дуговой сварке металл сварочной ванны также поддерживают в жидком состоянии до полного заполнения дефекта или заформованного блока. Это обеспечивает наиболее полное удаление газов и неметаллических включений из металла шва и равномерную структуру в металле шва и околошовном металле.

- Качество соединения свариваемых частей и температура, от которой оно зависит, определяются формой сварочной ванны.
- Выпуклая поверхность ванны говорит о плохом соединении. В этом случае сварщик должен увеличить нагрев стенок изделия.
- Когда ванна чрезмерно горяча, расплавление стенок изделия идет весьма интенсивно, образуется очень характерный подрез стенки, в этом случае требуется пламя или дугу перенести в центр ванны, уменьшить температуру ванны добавлением в нее кусочков стержней электродов или заранее приготовленных мелких кусков чугуна.
- Правильный процесс сварки характеризуется вогнутой поверхностью сварочной ванны без подреза; жидкий чугун хорошо смачивает стенки детали.

Форма сварочной ванны в зависимости от ее нагрева



а-холодная б-перегретая в-нормальная

- Многослойная сварка чугуна применяется редко и лишь в тех случаях, когда невозможно поддерживать всю ванну в жидком состоянии.

4. Охлаждение изделий производится с малой скоростью, иногда в течение 3-5 суток. Подготовка к охлаждению заключается в том, что после окончания сварки поверхность металла шва засыпается слоем мелкого порошка древесного угля, а все изделие со всех сторон закрывается асбестовыми листами и сухим песком.

(III) ХОЛОДНАЯ СВАРКА ЧУГУНА

- При холодной сварке чугуна требуются специальные меры, чтобы получить соединение без трещин и хрупких зон.
- По этому, технологию холодной сварки чугуна можно разделить на два вида:

1. Сварка с графитизаторами;
2. Сварка со шпильками;

(1) Главный процесс, формирующий структуру чугуна - это процесс **графитизации** т.е. процесс выделения углерода в чугуне. Процесс графитизации при сварке является благоприятным т.к. уменьшает хрупкость чугуна.

Все химические элементы в чугуне делятся на две группы:

а) графитизаторы (способствующие графитизации) – C, Si, Al, Ni, Co, Cu

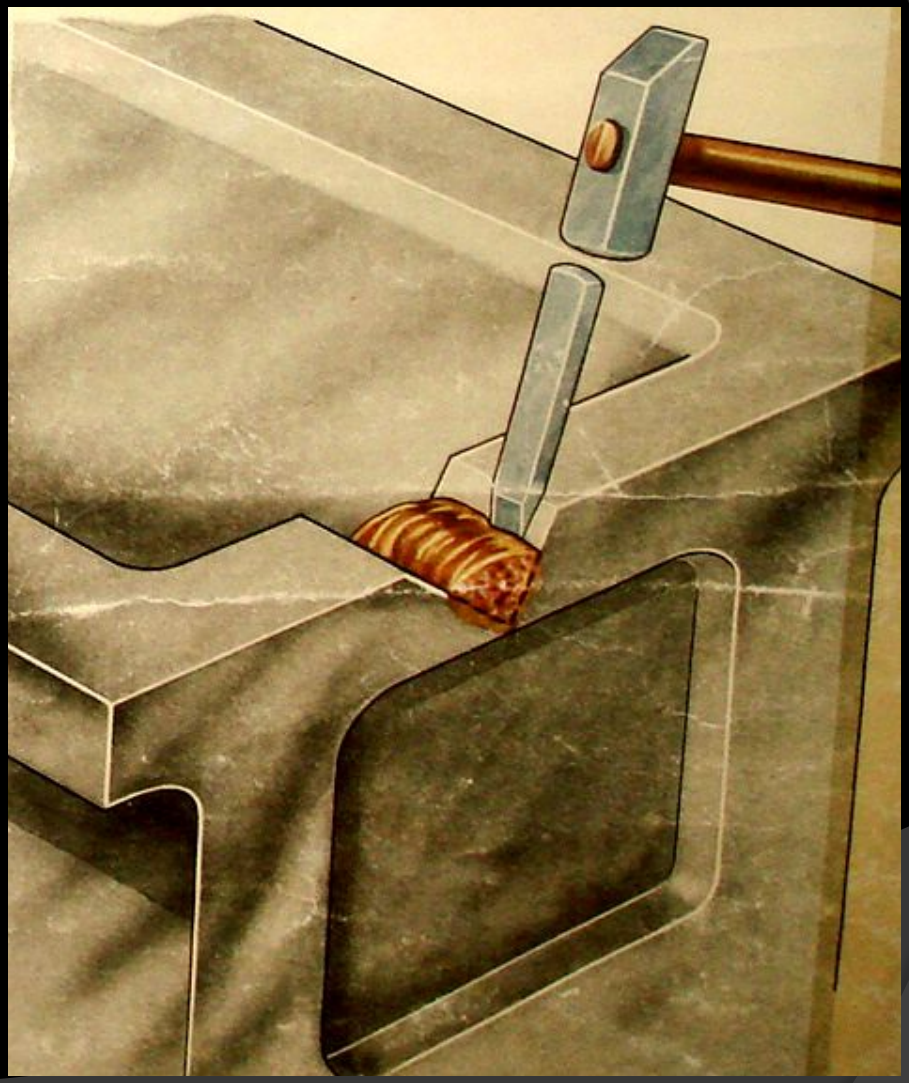
б) отбеливающие (задерживающие графитизацию, способствующие соединению углерода с железом - образованию цементита Fe_3C) – S, V, Cr, Sn, Mo, Mn.

- Применяя электроды из различных сплавов с покрытиями разного состава, можно получить металл шва с нужной прочностью и вязкостью, но избежать закалки в зоне плавления при сварке без подогрева изделия не удается.
- Можно лишь несколько уменьшить толщину закаленной прослойки, применяя многопроходную сварку на малых силах тока: применяют электроды диаметром 3-4 мм и малую силу тока:

$$I_{св}=(20\text{-}30)\cdot d_э$$

- Сварку выполняют короткими участками 15-25мм, затем выполняют проковку шва.

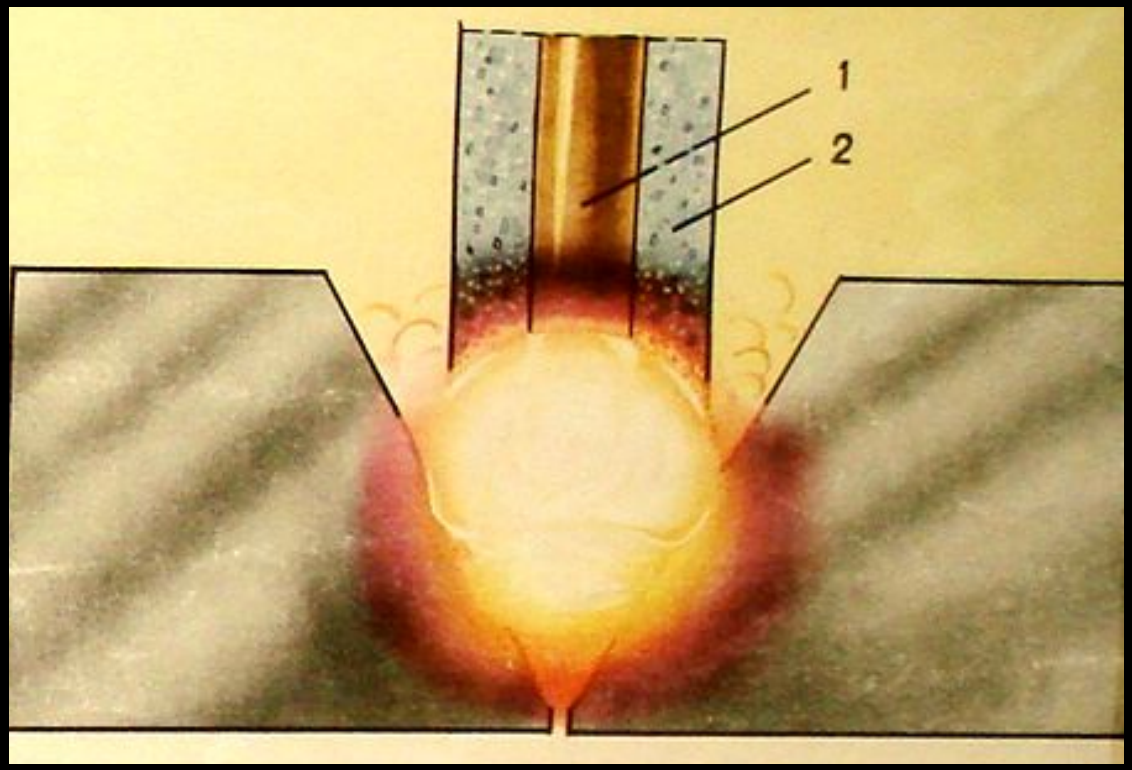
- Для получения плотного металла требуется послойная проковка швов типа чеканки.



- Используют железомедные, железоникелевые и медноникелевые электроды. Такие электроды делают составными – стержень из цветного металла, а железо вводят в виде оплетки, дополнительного стержня или порошка в покрытии.
- Содержание железа в металле шва не должно превышать 10-15%

- Медно-никелевые электроды МНЧ-1 состоят из проволоки монельметалла или из константановой проволоки (40% никеля, 1,5% марганца, остальное - медь).
- Электроды ЦЧ-3А имеют железоникелевую основу (проволока Св-08Н50). Эти электроды обеспечивают высокую прочность и обрабатываемость сварного соединения и отсутствие трещин.

Холодная сварка чугуна медно-никелевым электродом ОЗЧ-1



1-медный электрод;

2- обмазка с железным порошком;

- Полуавтоматическая сварка. Институт электросварки им. Е. О. Патона для заварки дефектов чугунного литья в холодном состоянии предложил порошковую проволоку марки ППЧ-1. При диаметре проволоки 3 мм сварочный ток устанавливают 250-280 А, напряжение дуги - 28-32 В, скорость подачи проволоки 180 м/ч.
- Применяется также самозащитная проволока ПАНЧ-11.

(2) Сварка стальными электродами с применением шпилек. Этот способ сварки широко применяется при ремонте крупногабаритных чугунных изделий. Здесь сварка комбинируется с механическим усилением зоны сплавления ввертыванием в тело изделия стальных шпилек, которые связывают металл шва и основной металл, разгружая хрупкую закаленную прослойку (механосварное соединение).

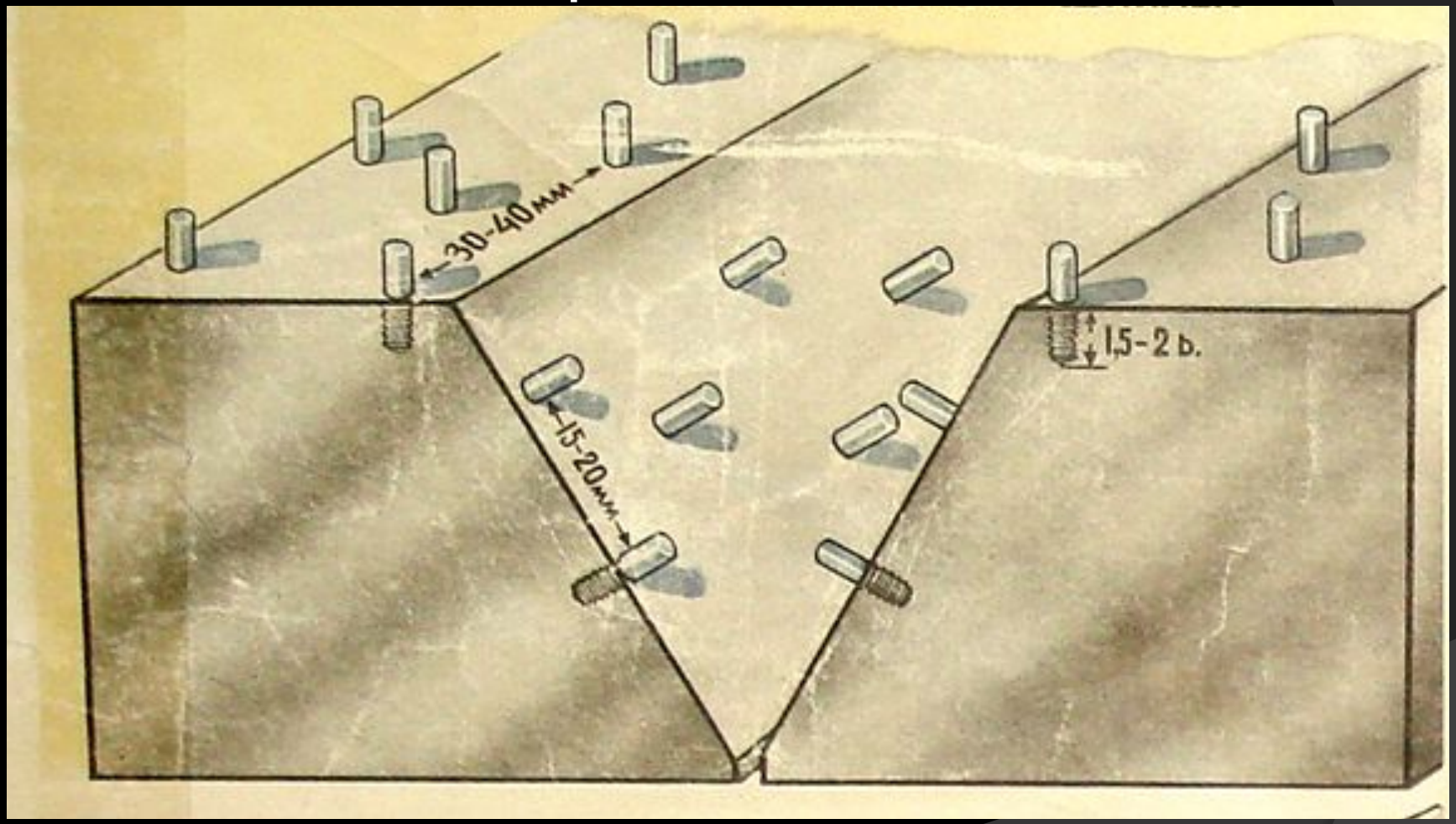
- При изломе изделия с толщиной стенки до 12 мм шпильки могут ввертываться без разделки кромок.
- При толщинах более 12 мм место излома подготавливается с разделкой.
- Диаметр шпилек зависит от толщины свариваемого изделия: при толщине до 12мм диаметр шпильки должен быть не более 6мм; диаметр шпилек более 16мм и менее 3мм не рекомендуется. Диаметр шпилек :

$$d = (0{,}15 — 0{,}2)\cdot S,$$

- где S -толщина детали, мм,

- Количество шпилек, которые нужно поставить на одну сторону трещины, зависит от качества чугуна, нагрузки, которую несет деталь, длины трещины и др. Максимальное количество шпилек по их площади не должно превышать 0,25 площади излома детали.
- Высота шпилек над поверхностью равна 0,5-1 диаметра шпильки, но не более 5-6мм; глубина ввертывания -1,5 диаметра шпильки

Размещение шпилек в разделке кромок

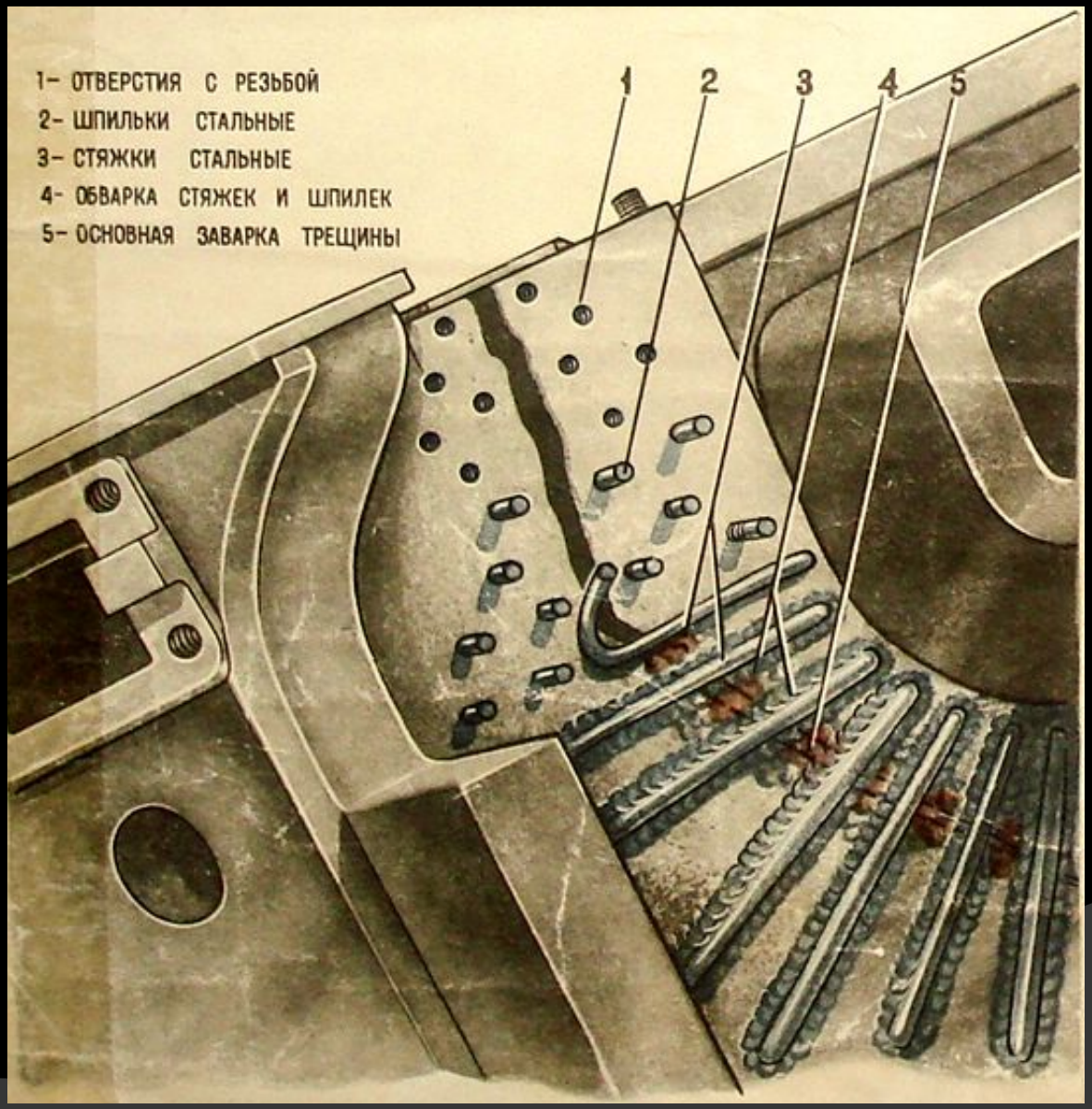


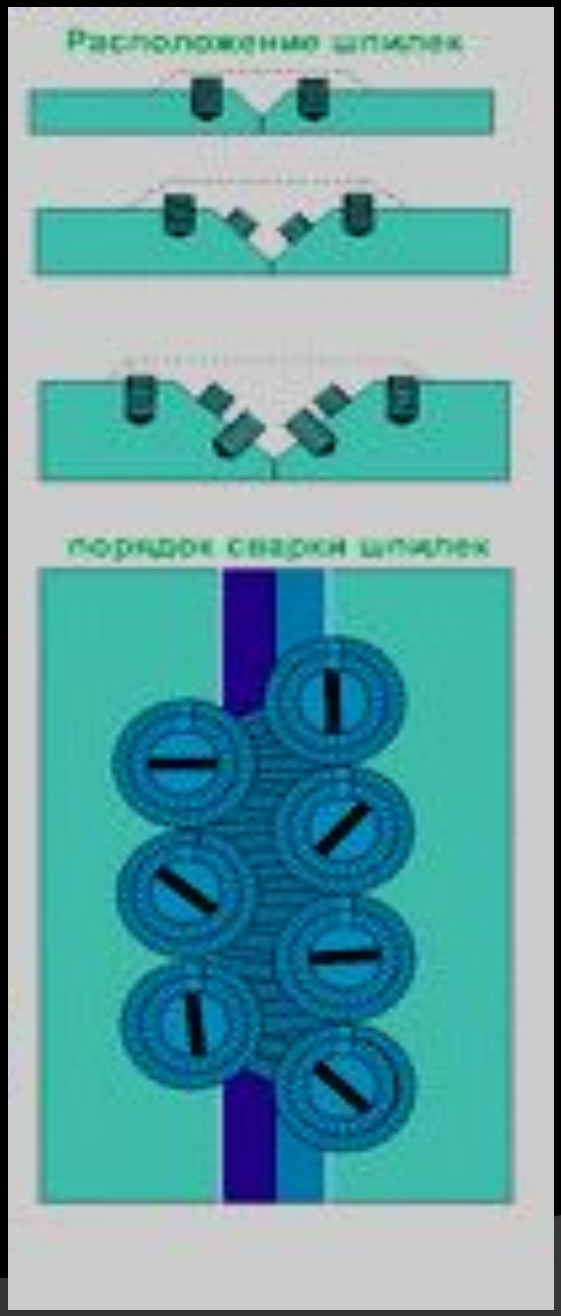
- При сверлении отверстий и нарезании резьбы нельзя применять масло. Шпильки должны быть ввернуты до упора.
- Лучшие результаты дают электроды марки УОНИИ-13/55. Электроды любой марки диаметром не более 3мм, сила тока - 90-100А.
- Уменьшенная сила тока обеспечивает малую глубину расплавления чугуна и минимальный нагрев изделия, что уменьшает отбеливание и предотвращает появление трещин.

- Процесс сварки. Сначала кольцевыми швами обвариваются ввернутые шпильки. Обварку нужно производить вразброс для равномерного нагревания детали. Потом заплавляют участки между обваренными шпильками, причем заварка также ведется отдельными участками.
- Длина каждого валика не должна превышать 100 мм. Второй слой валиков наносится перпендикулярно направлению валиков первого слоя. После нанесения наплавки на каждую сторону поверхностей кромок переходят к заварке разделки и трещины.

- Для ускорения заварки трещины в изделии толщиной более 10 мм вводят дополнительные стальные связи. Связи и промежутки между ними провариваются полностью. Сверху вся поверхность сварного соединения покрывается стальным наплавленным металлом.
- Сварка стальными электродами с применением шпилек может выполняться в любом пространственном положении без демонтажа всего чугунного изделия.

Сварка чугуна со шпильками




Расположению шпилек
порядок сварки шпилек

(IV) СВАРКА-ПАЙКА ЧУГУНА

- Пайка представляет собой процесс соединения деталей нагревом до температуры плавления припоя, заполняющего зазор между соединяемыми деталями. Основной металл при пайке не плавится.
- Пайка чугуна применяется в тех случаях, когда прочность сварного соединения обеспечивается без расплавления основного металла.

- В качестве припоев используют специальные материалы:

1) чугунные материалы (НЧ-1, НЧ-2, УНЧ-2) (низкотемпературная заварка литейных дефектов);
2) латунные припои (ЛОК59-1-03, ЛОМНА-49-08-10-4-04 - цвет припоя как у чугуна),
3) легкоплавкие оловянисто-свинцовые припои (ПОС-30, ПОС-40),
4) а также цинковые припои.

(1) Подготовленная под пайку поверхность подогревается пламенем газовой горелки до температуры плавления чугунного или латунного припоя (800-950°С).

- Вначале следует образовать отдельные расплавленные капли припоя, которые должны с помощью флюсов-паст (ФСЧ-1, ФСЧ-2) легко растекаться тонким слоем по кромке чугунного изделия.

- Присадочный стержень покрывают снаружи флюсом-пастой. Сварку ведут справа налево, после окончания заварки дефекта деталь медленно охлаждают в песке или под слоем асбеста.
- Т.к. основной металл не доводится до состояния расплавления, то в наплавке отсутствуют зоны отбеленного чугуна, металл шва получается плотным, мягким и хорошо обрабатывается резцом.

- При нагреве чугуна до температуры выше 800ºС происходит необратимое увеличение объема чугуна, это может стать причиной изменения размеров уже обработанного изделия, следовательно обработанные изделия ремонтируют более низкотемпературной пайкой латунными припоями.

(2) Пайка латунным припоем производится при меньшей температуре нагрева (650-750° С), чем пайка чугуном. Снижение температуры плавления латуни достигается за счет применения флюсов ФПСЧ-1 или ФПСЧ-2, которые плавятся при указанных температурах, частично растворяют припой, смачивают поверхность чугуна и образуют низкотемпературную металлическую связь на границе чугун-латунь.

- Для лучшего сцепления чугуна с латунью графит с поверхности кромок предварительно выжигают газовым пламенем с избытком кислорода. Деталь подогревают до 300-400ºС.
- Затем в разделку вносят флюс ФПСН-2; после расплавления флюса расплавляют латунный припой, который образует жидкую ванну и заполняет разделку.
- Наплавленный металл сразу же после сварки при температуре 600-700°С проковывают ручным медным молотком.

(3) Пайка легкоплавкими оловянисто-свинцовыми и цинковыми припоями находит ограниченное применение при устранении дефектов в чугунных деталях. Этот вид применяют в тех случаях, когда нет возможности использовать другие, более совершенные виды. Пайка чугуна легкоплавкими припоями затруднена плохим смачиванием его поверхности; этот вид пайки дает низкую прочность соединения.

- Участок горячей сварки чугуна должен быть оборудован дополнительным к приточно-вытяжной вентиляций специальным отсасывающим устройством для удаления выделяющейся при сварке пыли.
- Дополнительное отсасывающее устройство должно устанавливаться на расстоянии 1-1,2 м от места сварки и создавать скорость движения загрязненного воздуха в сечении отсоса порядка 8 м/с. При холодной дуговой сварке чугуна покрытыми электродами иметь дополнительную вентиляцию не обязательно.
- Любой вид сварки чугуна, сопровождающийся выделением ядовитых паров (меди, марганца, цинка и др.), должен выполняться сварщиком в фильтрующем или шланговом противогазе.
- При пайке чугуна припоем из меди и ее сплавов сварщику нужно работать в респираторе ШБ-1, «Лепесток», «Астра-2» и др.

Самостоятельно

1. Способы сварки чугуна.
2. Какие дефекты возможны при сварке чугуна?
3. До какой температуры подогревают чугун при горячей сварке?
4. До какой массы изделия возможна горячая сварка чугуна?
5. Рассчитать режим холодной сварки чугуна с графитизаторами, если dэл=4мм.
6. Какая форма сварочной ванны является правильной?
7. Чему должен быть равен объем сварочной ванны? Почему?
8. Для чего нужны шпильки чугуну?
9. Какой припой дает цвет шва, как у чугуна?

1. Сущность ванного способа сварки чугуна.
2. Из чего изготовляют формовочную массу?
3. Как охлаждают чугун после горячей сварки?
4. Какой вид сварки чугуна дает наилучшее качество?
5. Рассчитать режим горячей сварки чугуна с если dэл=12мм.
6. Как определить, что сварочная ванна перегрета? Как снизить температуру?
7. Графитизаторы – это? Например?
8. Как правильно установить шпильки?
9. До какой температуры нагревают чугун при пайке чугунными и латунными припоями?