

LUVATA

МЕДЬ В АРХИТЕКТУРЕ



©2007 Luvata. Первое издание, 2002 г.

Мы выражаем особую благодарность Шведской Ассоциации кровельных работ (Plåtslagarnas Riksförbund, PLR) за разрешение использовать фотографии и текстовые материалы, взятые из шведской книги Byggnadsplåt.

МЕДЬ В АРХИТЕКТУРЕ





Банк, Копенгаген, Дания Фасады,
облицованные медью по методу
Nordic Brown TM



РЕШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ДЛЯ ЛИСТОВОЙ МЕДИ

Отдельные детали

На следующих страницах показаны примеры наиболее часто используемых деталей из листовой меди.

Все профессиональные сообщества и их подразделения применяют свои собственные технические термины и специальные выражения. Это наблюдается также и в сфере применения тонколистового металла.

Архитектор или строитель, знакомый с таким типом выражений, может гораздо проще объяснить рабочему-металлисту, какую конкретную готовую деталь он хочет получить.

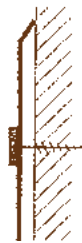
Свободные кромки



Отбортованный край



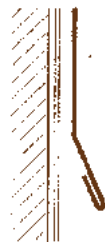
Двойная кромка



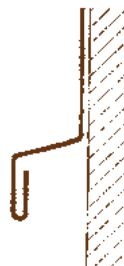
Слив, закрепленный на лицевой поверхности



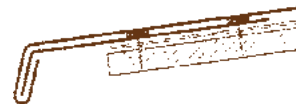
Угловой порог для слива, с отбортованным краем, с закреплением на лицевой поверхности



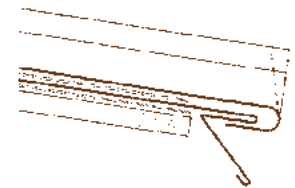
Слив



Слив

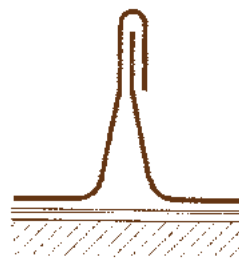


Традиционная деталь карниза

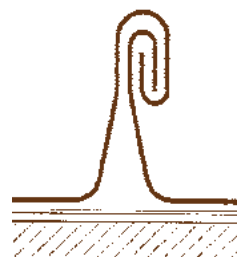


Деталь карниза с длинной рейкой

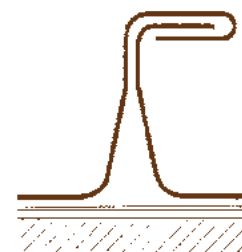
Соединительные детали



Одинарный лежащий фальц



Двойной лежащий фальц



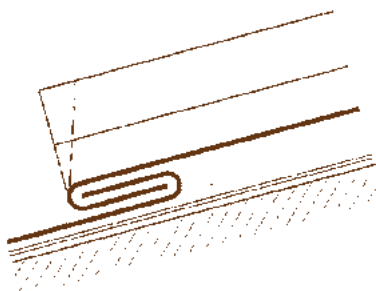
Угловой фальц



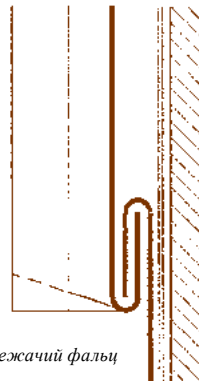
Одинарный плоский лежащий фальц



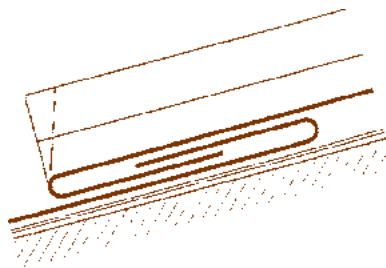
Двойной плоский лежащий фальц



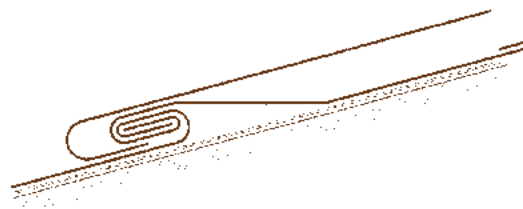
Горизонтальный одинарный лежащий фальц



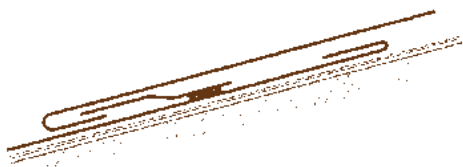
Вертикальный одинарный лежащий фальц



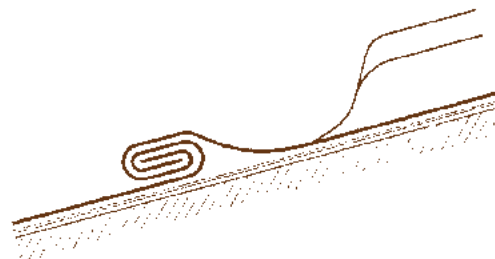
Одинарный лежащий фальц, увеличенный путем расширения



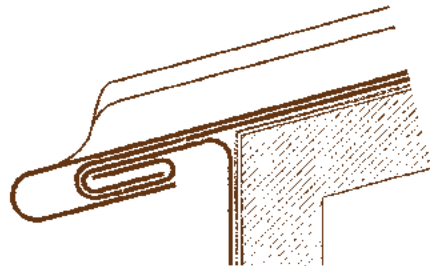
Двойной плоский лежащий фальц и одинарный лежащий фальц, увеличенный путем расширения



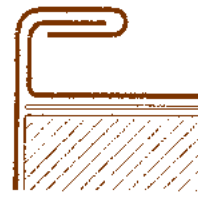
Одинарный удлиненный лежащий фальц с креплением и капиллярной защитой



Двойной продольный фальц



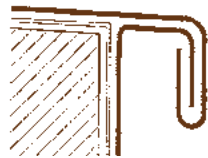
Одинарный фальц, допускающий расширение



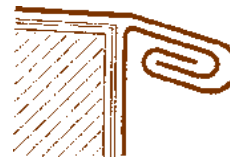
Край крыши с угловым фальцем



Край крыши с двойным фальцем



Расширенный слив карниза с одинарным фальцем



Двойной лежащий фальц



Трубный фальц



Угловой фальц



Вертикально фиксированный лежащий фальц для вывесок



Лежащий фальц с уплотнительной рейкой



Соединение выступа с уплотнительной рейкой



Нахлестный фартук гидроизоляции с уплотнительной рейкой



Соединения внахлестку



Соединения внахлестку



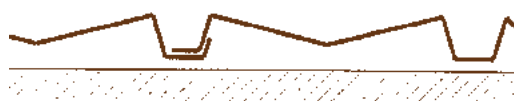
Соединения внахлестку



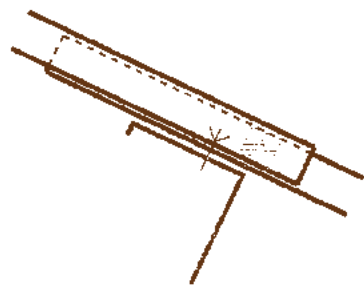
Соединения внахлестку



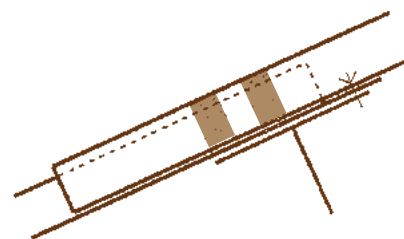
Соединения внахлестку



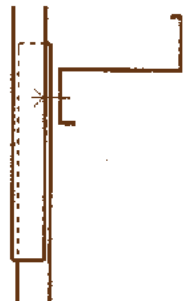
Соединения внахлестку



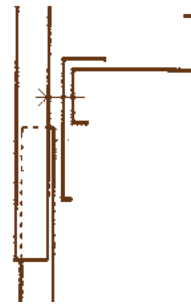
Нахлестка фиксированной длины



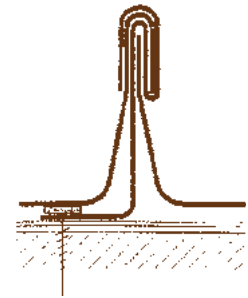
Расширение нахлестки



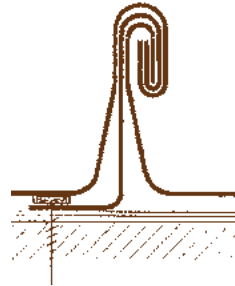
Вертикальная нахлестка фиксированной длины



Расширенная концевая нахлестка



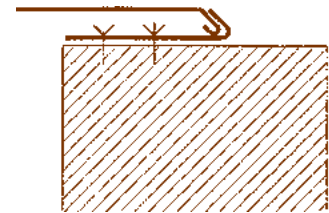
Стоячий фальц с фиксированной лапкой



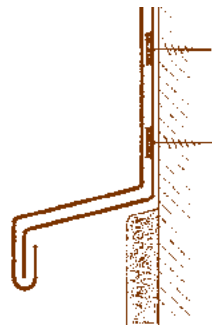
Стандартное соединение двойного лежащего фальца



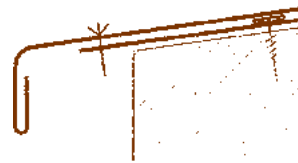
Крепление непрерывного одинарного лежащего фальца



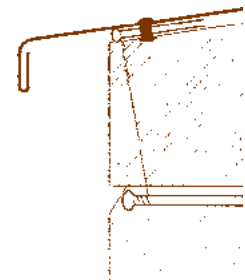
Крепление фальца



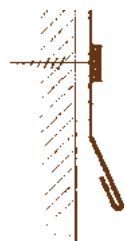
Слив оконной рамы с упрочняющей рейкой



Крепление гребня стены



Крепление стержня



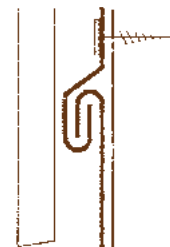
Видимое крепление



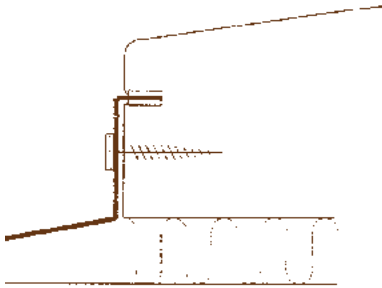
Край штукатурки с установкой опорного крюка



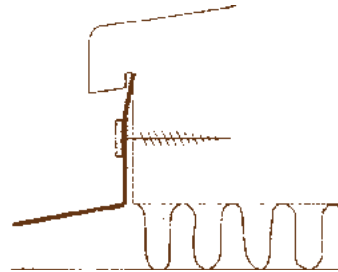
Крюк в соединении



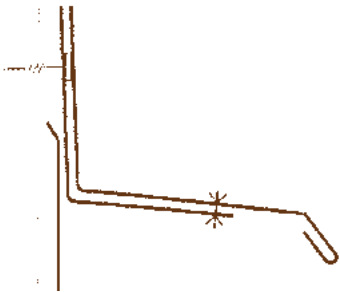
Крюк в соединении. Установка крюка позади фасадной панели



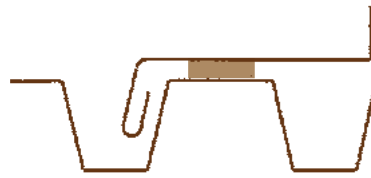
Крюк для оконной рамы



Соединение с оконной рамой



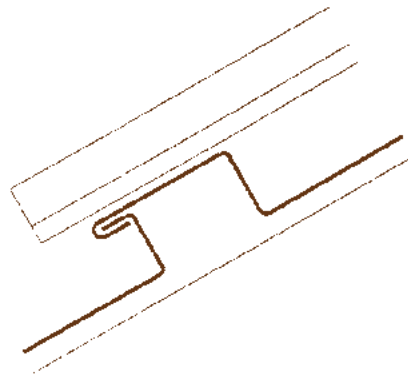
Свесный карниз



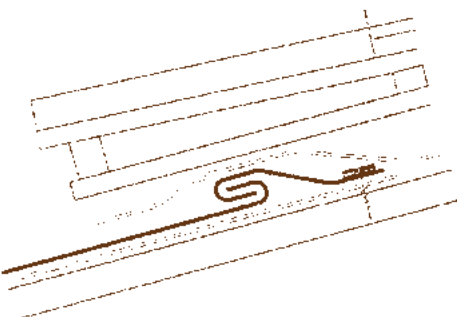
Свесный карниз с уплотнительной рейкой



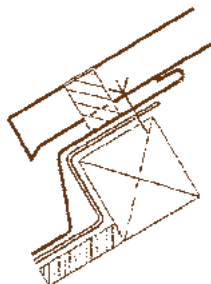
Свесный карниз с профильной уплотнительной прокладкой



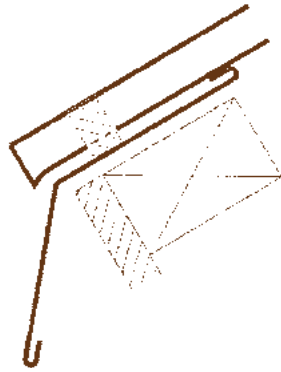
Соединение кровельной черепицы с разжелобком (ендовой)



Соединение кровельной черепицы с разжелобком



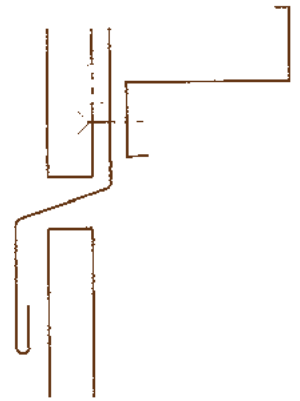
Разжелобок с профильной уплотнительной прокладкой



Установка профилированного медного листа для крепления доски для вывески



Выступающий угловой отлив поверх медного профиля



Выступ поверх медного профиля



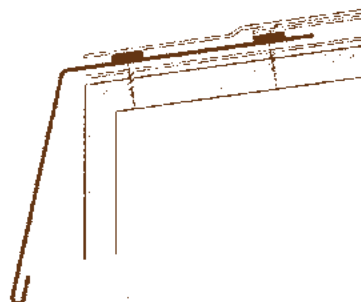
Деталь капиллярного крюка позади профилированного медного листа



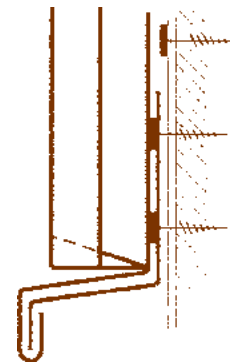
Опора свеса крыши



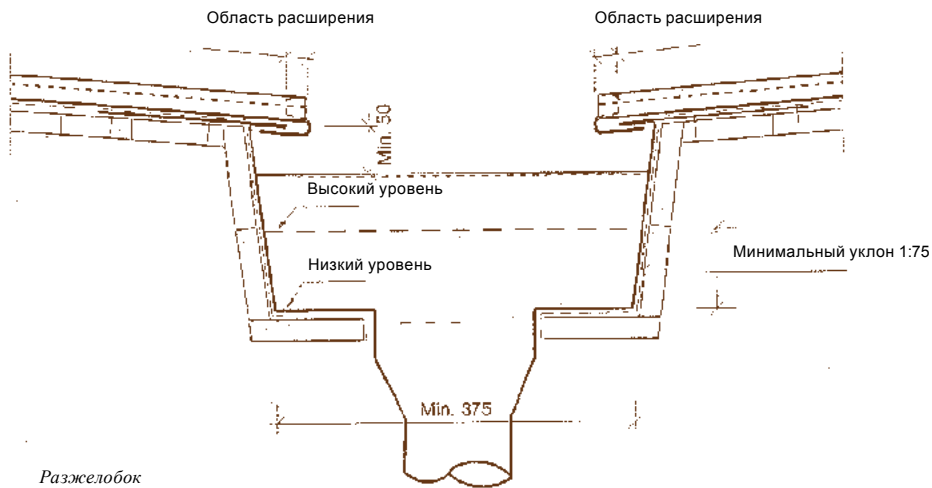
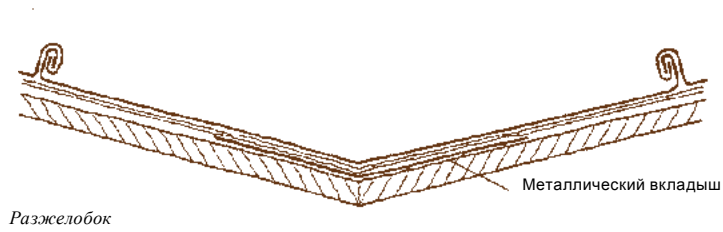
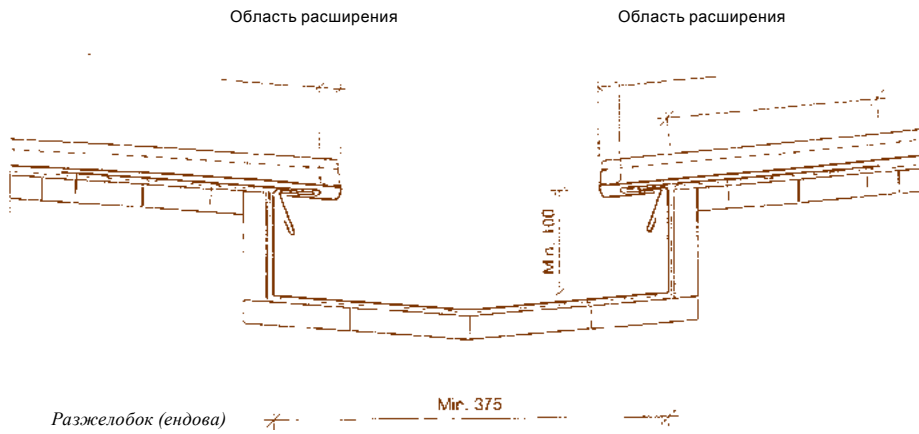
Соединение асбестоцементной кровельной плитки с листовым материалом

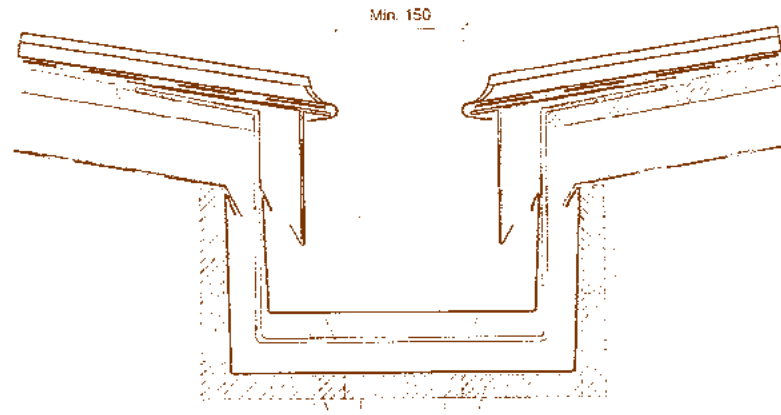


Точная отделка

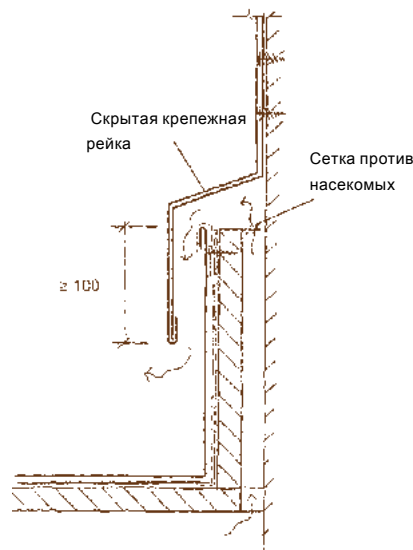


Установка листового облицовочного покрытия из меди поверх строительного картона из органических волокон

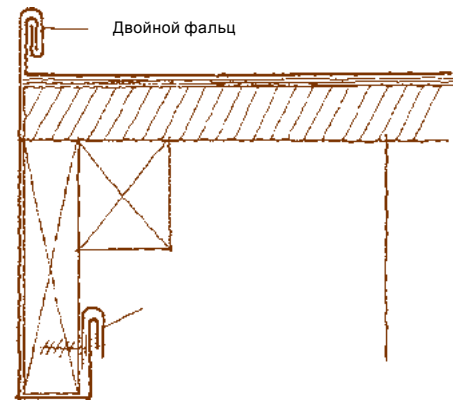




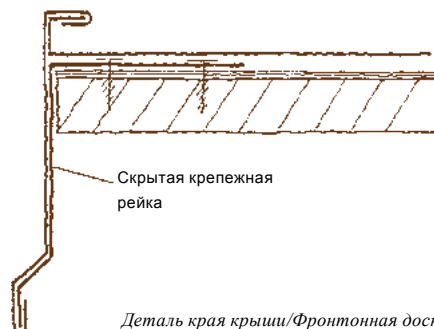
Разжелобок



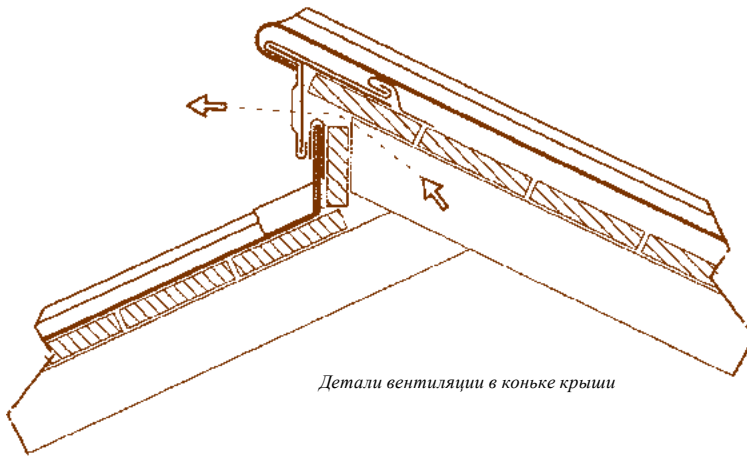
Опорная стена с вентилируемым краем крыши



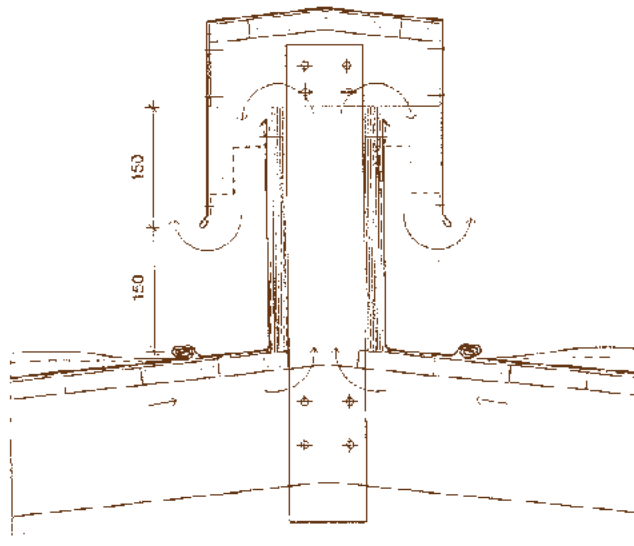
Деталь края крыши/Фронтонная доска



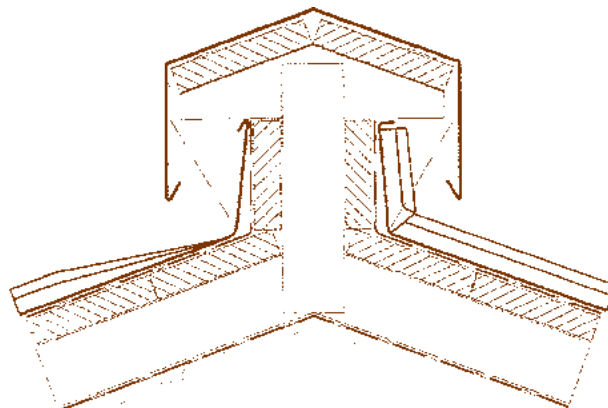
Деталь края крыши/Фронтонная доска



Детали вентиляции в коньке крыши



Детали вентиляции в коньке крыши



Детали вентиляции в коньке крыши



ОБРАБОТКА И ПРОФИЛИРОВАНИЕ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Обработка и профилирование тонколистового металла

Кузнецы-медники

Кузнецы-медники изготавливают различные элементы изделий из листовых материалов, необходимых при кровельных работах и облицовке фасада с применением защитного материала в форме плоских листов, профилированного листового покрытия, временных перемычек и панелей. Этот вид работ включает также отделку; это – защитная оболочка вокруг дымовых труб, вентиляционные колпаки над дымовыми трубами, вентиляционные трубы и т.п. Сюда входят также все работы с листовым металлом, связанные с производством и установкой кровельного покрытия и деталей фасада, например, отливов края окна, отливов коньков крыш, профилированных элементов фасада, водосточных профилированных элементов и водосточных систем.

Плоское медное покрытие

Плоское медное покрытие (плоский лист) поставляется или в виде листов, обрезанных по размеру, или в виде полос или листов в рулонах для обработки и применения в механических цехах. Такое покрытие может поставляться также в виде большого количества различных размеров и толщин и с различными видами поверхностной обработки металла.

В случае кровельного покрытия высокое качество обработки позволяет использовать его для укладки непосредственно на строительном участке. Более твердые виды покрытия используются для отливов края окна, профилированных элементов, временных перемычек и панелей, так как это позволяет получить гладкий и очень плоский конечный продукт.

Плоский лист обрезается, предварительно фальцуется и обрабатывается в механическом цехе или на строительном участке, пока он не примет нужные размеры и форму. Оболочки для деталей типа дымовых труб, вентиляционных колпаков над дымовыми трубами и слуховых окон изготавливаются рабочими - металлстами непосредственно на строительном участке.

Профилированные элементы и отливы изготавливаются из плоских листов, с подгонкой для каждого отдельного строительного элемента. Временные перемычки и панели часто изготавливаются в процессе обработки



Оболочка для колокольни.

тонколистового металла. Небольшой диапазон стандартных изделий может быть получен также непосредственно от оптовых торговцев и поставщиков тонколистового металла.

Индустриальное строительство

Этот термин охватывает ряд изделий, деталей и принадлежностей из тонколистового металла, произведенных промышленным способом: прокатанных, отделанных или согнутых. Профилированное листовое покрытие, временные перемычки, панели, водосточные желоба и водосточные трубы обычно изготавливаются промышленным способом.



Декоративное медное украшение ручной работы

Сборка

Профилированное защитное покрытие, кассеты и панели формируются после их изготовления и, как правило, готовы к дальнейшему применению на строительном участке. Эти изделия стандартизированы с точки зрения их принадлежностей и деталей.

Машинная обработка в механическом цехе

Чаще всего применяемые методы обработки плоских листовых материалов для строительных целей - это:

- обрезка
- гибка с помощью прессы
- раскатка
- зачистка фальца
- фальцевание

Обрезка

Листовое покрытие обрезается для получения требуемых размеров с помощью механических ножниц.

Современные механические ножницы могут быть запрограммированы так, чтобы лист был обрезан до конкретной ширины или определенное число раз.

Гибка с помощью прессы

Лист сгибается в заданную форму в гибочном станке-прессе. Смещение задней направляющей и степень изгиба листа в этом станке запрограммированы. Направляющие элементы данного станка могут быть заменены верхними направляющими специальной формы, нижними направляющими и гибочными направляющими, которые могут быть использованы для прессовой гибки сложных деталей, таких, как профилированные элементы, кассеты и панели.

Закругление и изгиб профилированного листового покрытия

Профилированное листовое покрытие может быть сформировано в виде дуг, уголкового элемента и т.п. Существуют конкретные стандартные конструкции.

Профилированное листовое покрытие может также быть сформировано на строительном участке, в зависимости от высоты профиля и материала. Лист загибается вверх слегка выпуклой или вогнутой поверхности, после чего крепится должным образом на основании крыши с помощью крепежных элементов.

Закругление полос и листов

Предварительно фальцованные листы и полосы могут быть сделаны выпуклыми или вогнутыми с помощью кругло-загибочного станка.

Минимальный радиус кривизны для вогнутых листов - 3 м. Эквивалентный минимальный радиус кривизны для выпуклых листов - 600 мм (при максимальной толщине материала, равной 0,8 мм).

Единовременно можно работать с одной стороной, которая делает возможным загибание в спирали листов и полос.



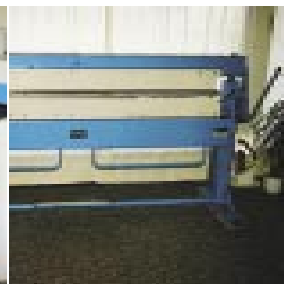
Загибочный станок- пресс облегчает производство сложных деталей.



Поточная линия обрезки с делительными блоками.



Механические ножницы для обрезки листов по размеру.



Загибочные станки-прессы используются для сгибания тонколистового металла с конкретными углами сгиба.



Кругло-загибочный станок. Закругленная предварительно фальцованная металлическая полоса.



Станок для отделки фальца.

Зачистка фальца

В случае кровельного покрытия продольный стоячий фальц на металлической полосе зачищается в станке для зачистки фальца (станок предварительного фальцевания). Таким образом, стоячий фальц можно зачищать быстро и равномерно, даже в случае длинных металлических полос.

Полосы подаются непосредственно с рулона на станок. Станок для зачистки фальца запрограммирован относительно длины и числа металлических полос и может регулироваться для обработки полос шириной от 300 мм до 800 мм. Единновременно обрабатывается одна сторона изделия, при этом можно зачищать непараллельные фальцы как на листах, так и на полосах. Эти полосы могут быть фальцованы так, чтобы получить или два низких или два высоких фальца.

Оборудование для герметизации фальцев

Оборудование для герметизации фальцев используется на строительных участках, чтобы закончить фальцевание предварительно фальцованных полос.

Такое оборудование с регулируемыми блоками пригодно для выпуклых кровельных поверхностей. Оно позволяет герметизировать стоячие фальцы на изогнутых полосах и листах.

Оборудование для герметизации фальцев можно регулировать так, чтобы его можно было использовать также для уплотнения угловых фальцев.



Оборудование для герметизации фальцев, пригодное для обработки как двойных стоячих фальцев, так и вертикальных угловых фальцев.

Ручная обработка

Тяжелое машинное оборудование в механических цехах дополняется менее тяжелыми и менее сложными станками, с ручным и электрическим приводом, которые используются для мелкосерийного производства деталей.



Ручные ножницы (ножницы ударного действия) для обрезки отдельных деталей.

Загибочные станки-прессы, имеющие направляющие для коробчатого сгиба, используются для производства временных перемычек.



Станок коробчатого сгиба для производства временных перемычек и т.п.



Кругло-гибочный станок для закругления плоских листов (например, при изготовлении труб).

Кромкогибочный станок используется для зачистки поперечных фальцевых соединений на трубах, для производства намоток и усиления конструкций.



Кромкогибочный станок.



Стенд для контрфорсов

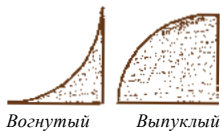
Возможности, предоставляемые листовым материалом

Листовой материал предлагает широкий диапазон возможностей, когда он предназначается для функционального покрытия крыш и облицовки фасадов. Его способность к уплотнению часто соблазняет архитекторов и проектировщиков, которые хотят сформировать этот материал таким образом, который не всегда позволяет использовать оборудование, доступное в механических цехах. И это – тот случай, когда квалификация рабочего-металлиста оказывается весьма полезной.

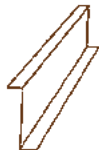
Листовой материал одновременно может быть согнут только в одном направлении. В случае поверхностей с двойной кривизной лист необходимо растянуть и/или осадить или каким-либо иным образом объединить несколько секций вместе.

Осадка (усадка) верхнего фланца и затем растяжение нижнего фланца в эквивалентной степени, чтобы сформировать Z-образный профиль, приводит к сгибу профиля.

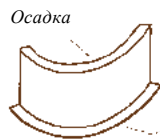
Осадка и растяжение могут быть выполнены на фланцах, ширина которых не превышает 70 мм.



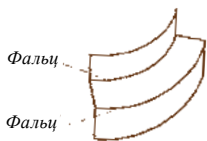
Можно согнуть предварительно фальцованное листовое покрытие, получая выпуклую или вогнутую форму, с помощью машинного оборудования.



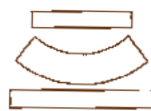
Z-образный профиль.



Согнутый Z-образный профиль



Z-образный профиль, который не может быть осажён и растянут для получения правильной формы.



Необходимо изготовить три секции, которые затем соединяются вместе путем фальцевания, пайки или сварки.

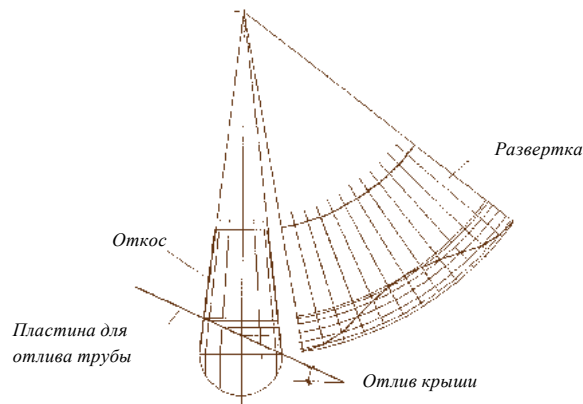
Развертывание – единственный путь определения заранее, как контуры и линии обрезки будут смотреться в конструкции.

После проведения растяжения листовой материал сгибается или складывается в требуемом виде и затем соединяется с другими кровельными листами.

Развертывание отливов крыши

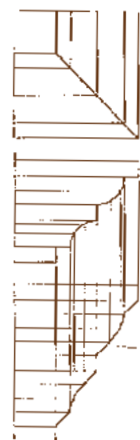
Когда рабочие - металлсты создают отливы труб вокруг круглых вентиляционных лотков и вентиляционных труб, они сначала развертывают отлив трубы.

Отлив трубы обрезается, получает нужную форму и фальцуется до того, как будет затем присоединен к пластине для отлива трубы.



Развертка профилированных угловых элементов

Профилированные угловые элементы могут быть сформированы с помощью шаблонов, чтобы обеспечить необходимые размеры. Можно также аккуратно расширить угловой элемент.



Ручные инструменты



Ручные инструменты для обработки строительных пластин.



Клеци для изготовления фальцев



Клеци жестианика



Универсальные пассатижи



*Ножницы для кровельных работ
(ножницы типа "пеликан")*



Молоток жестианика



Клеци для кровельных работ



Регулируемые ножницы



*Резак для формирования
отверстий*



*Скребок для
удаления окалины*



*Клеци для двойного
фальцевания*



*Пластмассовый
молоток (киянка)*



Молоток каменника

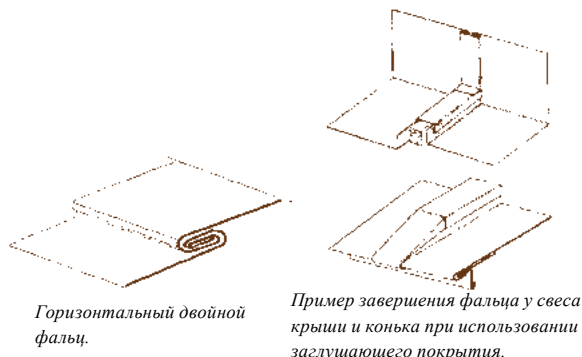
Фальцевание, сращивание швов
Станки для зачистки фальцев чаще всего используются для двойных фальцев, так как это - обычно стандартный метод, используемый для соединения фальцевым швом панелей и полос по их длине.
Один из вариантов двойного стоячего фальца – это угловой фальц, который используется, в частности, для фальцевания листового покрытия фасада.



Рулоны обрешетки/системы рулонной заглушки

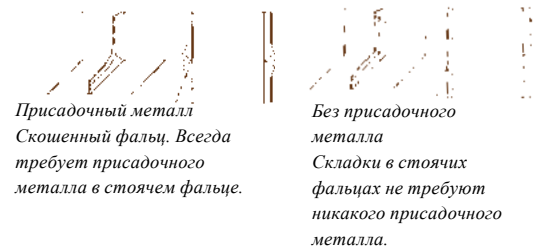
Использование фальцев в виде рулонной заглушки - очень старый метод кровельного покрытия, фактически один из самых древних методов. Таким образом, это - хорошо опробованный и проверенный метод, который доказал свое исключительное качество и весьма продолжительный срок службы.

В настоящее время принято объединять метод заглушающего фальцевого шва с другими методами фальцевания, например, со стоячими фальцами.



В случае панельного покрытия панели сращиваются вместе с помощью горизонтальных двойных фальцев, чтобы сформировать более длинные элементы.

Увеличенный одинарный лежачий фальц может применяться как деформационный шов на крышах с крутыми скатами.



Пример припаянной непрерывной монтажной пластины.



Использование метода полосового покрытия, который приобретает все более широкое распространение, также способствовало развитию методов фальцевания. В настоящее время существуют методы, которые позволяют лучше поглощать перемещения материала, чем прежние методы горизонтального двойного фальцевания.

Все методы пайки на непрерывных монтажных пластинах в деформационных швах или методы формирования связующих фальцев при изготовлении водосточных желобов, желобов коробчатого профиля или разжелобков, допускают тепловые перемещения материала.

Кровельные покрытия и детали типа водосточных желобов, вертикальных отливов (фартуков) и облицовок соединяются на рабочем месте и сращиваются вручную.

Соединения

Соединения внахлестку на плоском листовом металле могут применяться в случае узких деталей и когда отсутствует вероятность проникновения воды.

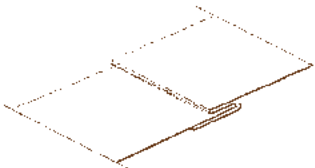
Свободный край металлического листа следует закрыть кожухом.



Соединение внахлестку с кожухом и капиллярным отверстием.

Фальцевые соединения используются для профилированных элементов и отливов, вероятность проникновения воды в которые незначительна.

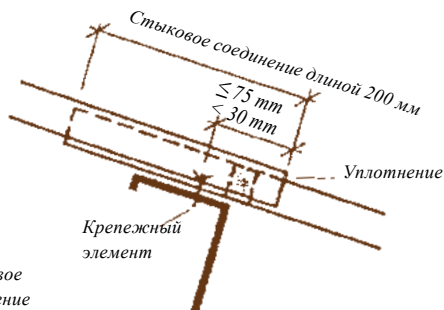
Такие фальцевые соединения допускают скрытое крепление тонколистового металла.



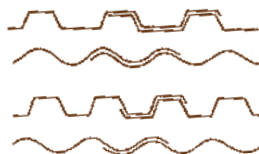
Фальцевое соединение.

Профилированные листы соединяются вместе с помощью стыковых соединений и нахлестки боковых сторон. Полученные соединения закрепляются заклепками или винтами.

Защитный лист привинчивается к опорной поверхности.



Стыковое соединение



Нахлестка боковых сторон

Сварка/пайка

Медь и большинство медных сплавов могут быть легко сварены и припаяны с применением стандартных методов. Следующие страницы содержат описание основных принципов сварки плавлением, пайки-сварки, пайки твердым припоем и пайки мягким припоем в случае вязких (пластичных) сплавов.

Возможность сварки и способность пайки, выраженные в численном виде для листового покрытия из меди (99,95% Cu) и листового покрытия из латуни (65% Cu + 35% Zn).

Шкала такой способности меди и медных сплавов имеет следующий вид:

5 = очень высокая способность

4 = высокая способность

3 = возможность проведения указанных операций в адекватной степени

2 = низкая способность

1 = невозможность получения хороших

результатов

Метод	Медь	Латунь
Сварка плавлением:		
Газовая сварка	4	4
Дуговая сварка металлическим электродом	2	2
Дуговая сварка в среде защитного газа	5	3
Сварка давлением		
Точечная и шовная сварка	3	3
Стыковая сварка сопротивлением	4	4
Стыковая сварка плавлением	3	3
Пайка – сварка		
Использование твердого припоя	5	1
Пайка твердым припоем		
Использование серебряного припоя	5	5
Использование серебряно- фосфорно-медного припоя	5	5
Использование фосфорно-медного припоя	5	2
Использование твердого припоя	4	1
Пайка мягким припоем		
	5	5

Чтобы можно было сваривать детали из меди и медных сплавов и получать хорошие результаты, необходимо немного знать их свойства.

Медь

Прежде всего, во время сварки необходимо учитывать следующие свойства металла:

- металл имеет высокую теплопроводность
- металл имеет большой потенциал теплового расширения
- металл имеет склонность выделять газы при нахождении в расплавленном состоянии. Эти газы улетучиваются, когда металл затвердевает. В результате в затвердевшем металле образуются поры
- В случае меди с высокой степенью твердости ее умягчение происходит в области, известной как зона термического влияния во время сварки.

Теплопроводность меди при комнатной температуре приблизительно в пять раз выше, чем у стали, а при температуре 1000°C этот параметр примерно в 15 раз выше, чем у стали. Это означает, что отвод тепла от места сварки происходит намного быстрее у меди, чем у стали. Поэтому толстые металлические детали иногда следует предварительно нагреть. Во время сварки важно следить за тем, чтобы обеспечивалась подача достаточного количества тепла к месту сварки, что приведет, в результате, к достаточно большой зоне расплавленного металла.

Тепловое расширение меди и медных сплавов во время сварки приблизительно на 100% больше, чем в случае многослойной стали, и при нахождении в твердом состоянии приблизительно на 50% больше, чем у многослойной стали.

Тенденция поглощать газы распространяется, главным образом, на кислород и водород. В данном случае мы выделяем два различных типа меди: содержащую кислород медь и бескислородную медь.

Последняя восстанавливается в чистую медь с помощью фосфора, что означает, что она не содержит кислород, но вместо этого имеет небольшой избыток фосфора. Отсутствие кислорода поддерживает процесс сварки, и бескислородная медь - тип меди, наиболее подходящий для сварки. Наличие фосфора в меди приводит также к снижению ее теплопроводности, что является положительным фактором в случае сварки.

Окисленная медь очень восприимчива к водороду во время сварки. Водород из газового пламени проникает в металл, вступает в реакцию с кислородом и формирует водяной пар. Этот водяной пар приводит к формированию пор и

трещин на границах зерен в нагретой области, окружающей сварное соединение. Оба этих воздействия ухудшают результаты сварки. Поэтому содержащая кислород медь никогда не должна подвергаться сварке или нагреву с применением водородного пламени. (Всегда следует помнить, что кислородно-ацетиленовое пламя содержит водород во внешнем пламени даже в случае установленного дефицита кислорода).

При неблагоприятных обстоятельствах, кислород, поступающий из воздуха или в результате взаимодействия газового пламени и влаги из заготовок, может быть поглощен сварочным швом. Это станет причиной проблем, описанных выше. Поэтому необходимо работать в условиях, при которых возможность поглощения газов (кислород, водород) гарантированно была устранена или, по меньшей мере, сохранялась на весьма низком, по возможности, уровне.

Медь с высокой степенью твердости размягчается во время нагрева. Поэтому сварка твердого сплава всегда означает, что более или менее широкая область вокруг места сварки размягчается и приобретает свойства, которые соответствуют таковым у отожженного металла. Степень расширения такой области зависит частично от используемого метода сварки. Во время газовой сварки эта область больше, чем в случае дуговой сварки в среде защитного газа.

Латунь

Теплопроводность латуни ниже, чем у меди. Поэтому при сварке латунных деталей требуются меньший нагрев и предварительный подогрев.

Латунь содержит цинк, который имеет низкую температуру кипения (907°C). Это означает, что процесс сварки приводит к испарению цинка, что, в свою очередь, может привести к пористости в сварном шве. Чем больше содержание цинка в металле и чем выше температура сварки, тем больше испарение цинка. Это испарение и связанные с ним проблемы можно уменьшить с помощью присадочных металлов, что приведет к образованию оксидной пленки на поверхности расплавленной латуни.

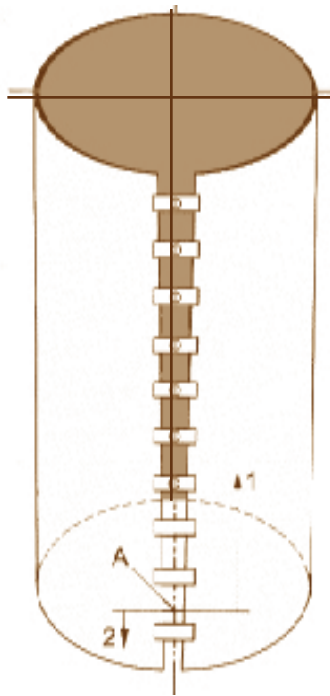
Многие виды латуни содержат олово. Вероятность возникновения пористости и трещин во время сварки деталей из латуни означает, что предпочтительнее использовать пайку при обращении с такими сплавами. Специальные виды латуни, содержащие большое количество алюминия, требуют применения специальных методов их обработки.

Сварка плавлением

Подготовка соединений, тип соединений

Важно следить за тем, чтобы все сопрягаемые поверхности были чистыми и не имели смазки, влаги и оксидной пленки. По возможности, такие соединения должны быть подготовлены к обработке непосредственно перед сваркой.

Соединения могут быть подготовлены с помощью распиловки, прокатки, выравнивания, удаления избыточного металла и шлифования. Когда газовой сварке подвергаются большие участки медных деталей, свойства теплового расширения металла подразумевают, что, прежде всего, необходимо предусмотреть конусообразный стыковой зазор, как указано ниже. Кромки соединения удерживаются в нужном положении с помощью зажимов, которые удаляются по мере продвижения сварки. Такой метод предпочтителен во время сварки прихваточными швами. Сварка начинается и проводится в порядке, показанном на рисунке. Соответствующая используемая конусность шва составляет 12-15 мм/м. Можно также использовать неподвижный держатель. Можно пропускать горячую воду по губкам зажимов, чтобы минимизировать рассеивание тепла.



Теплопроводность латуни ниже, чем у меди. Это означает меньшее тепловое расширение латунных металлов. В этом случае конусность сформированной конструкции, показанная на рисунке, не требуется: вместо этого можно применять сварку прихваточными швами.

Присадочные металлы

Присадочные металлы в форме прямых присадочных прутков используются для газовой сварки и ручной дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа. Важно следить за тем, чтобы поверхности этих присадочных прутков были чистыми и сухими, чтобы обеспечить высококачественное сварное соединение.

Присадочные металлы в форме проволоки, намотанной на катушке, используются для автоматизированной дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа и сварки металлическим электродом в инертном газе. Эта проволока должна быть упакована так, чтобы ее нельзя было повредить, и чтобы она не становилась влажной или грязной во время перевозки и хранения.

Используемые присадочные металлы изменяются в зависимости от свариваемого сплава, и они также могут изменяться в зависимости от используемого метода сварки. Иногда используется присадочный металл, который отличается по своему составу от металла, который нужно приварить. Сварное соединение в таком случае может иметь свойства, отличные от свойств основного металла. В каждом таком случае необходимо иметь возможность оценить последствия этого вида соединения, например, цветовые различия, физические различия или вероятность возникновения электрохимической коррозии.

Формирование сварного соединения при сварке цилиндрической детали, изготовленной из медного листового материала. Сварка начинается в точке А и продолжается в направлении 1. По окончании сварки такой детали необходимо начать процедуру сварки снова в точке А, на сей раз продолжая ее в направлении 2. (Этот принцип применим также к сварке плоского тонколистового металла).

Флюс

Флюс используется главным образом в случае газовой сварки, но иногда он применяется также при других методах сварки. Флюс содержит соединения бора с добавками растворяющих оксиды солей металла. В случае сварки сплавов, содержащих алюминий, необходимо использовать флюс, который содержит фториды. Они растворяют оксиды алюминия, которые легко формируются и расплавляются только при температурах, составляющих приблизительно 2000°C. Флюсы поставляются в виде порошков и паст.

При использовании фторсодержащих флюсов необходимо следить за тем, чтобы была хорошая вытяжная система, обеспечивающая удаление газов, выделяющихся во время сварки. Как только сварка будет закончена, любые остатки флюса на детали следует удалить, так как они могут привести к коррозии.

Газовая сварка медных деталей

В качестве источника тепла используется кислородно-ацетиленовое пламя. В случае металлических листов толщиной более 2 мм, металл необходимо подогреть до температуры 300 - 700°C. При этом требуются большие по размеру сварочные сопла, чем при сварке стали: эмпирически установлено, что сопла на один номер больше должны применяться для металлов, толщина которых меньше 5 мм, и сопла на два номера больше - при сварке металлов толщиной более 5 мм.

Сварочное пламя должно быть установлено нормальным или с небольшим окисляющим свойством. Избыточный кислород в пламени может вызвать появление оксидных включений в сварном соединении. Сварные швы часто навариваются сверху путем вертикальной сварки. В случае более толстых металлических листов целесообразно использовать два пламени, по одному с каждой стороны. Если возможно, на каждой стороне нужно приварить только один узкий шов, чтобы избежать тепловых нагрузок, которые слишком велики и могут привести к образованию трещин в металле.

Сварное соединение можно ковать после сварки. Лучше всего иметь дело со сварными швами длиной 150-200 мм, которые нужно немедленно проковать, пока металл все еще раскален докрасна. Ковка придает сварному соединению более плотную структуру и, следовательно, приводит к более высокой прочности и пластичности металла по сравнению с некованным швом.

Содержащую кислород медь нельзя подвергать газовой сварке. Если газовая сварка неизбежна, то нельзя использовать восстановительное пламя (с избытком горючего газа).

Медь - Дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа

Дуга постоянного тока формируется между обрабатываемыми деталями и электродом, связанным с отрицательным полюсом источника постоянного тока. Этот электрод изготовлен из вольфрама, с добавлением в него оксида тория.

Во время сварки расплавленный металл и электрод окружены защитной газовой средой: аргон, гелий или их смесь. Иногда необходимо защитить таким газом нижнюю сторону сварного соединения, чтобы получить свободные от пор соединения. Присадочный металл вводится в дугу таким же образом, как в случае газовой сварки. Тонкие детали можно сваривать без применения присадочного металла.

Метод дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа обычно применяется при сварке тонколистового материала. Односторонняя сварка адекватна в случае металлических деталей толщиной до 4 - 6 мм. Может возникнуть необходимость в использовании двусторонней сварки в случае более толстых деталей: этот метод может применяться для сварки металлических деталей толщиной до 18 мм. Подогрев детали не нужен в случае их толщины до 4 мм. Подогрев при температуре 300 - 600°C должен применяться для более толстых деталей. Сила тока, диаметр проволоки и интенсивность выхода газа показаны в таблице, приведенной ниже.

Метод дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа может применяться как при полуавтоматической, так и при полностью автоматической сварке. При этом не обязательно проковывать сварное соединение. Присадочный металл обеспечивает значения прочности, которые чуть выше значений, наблюдаемых у мягкой отожженной меди. Такой метод приводит к получению плотной затвердевшей структуры, что позволяет получить прочный металл.

Медь - Сварка металлическим электродом в инертном газе

Дуга постоянного тока формируется между заготовками и плавящимся электродом. Электрод – это положительный полюс. В качестве защитной газовой среды обычно используется аргон, но также могут применяться смеси аргона и гелия. Метод сварки металлическим электродом в инертном газе используется для металлических деталей толщиной более 6 мм и облегчает быстрое образование сварных соединений. Иногда этот метод применяется также для металлических деталей с меньшей толщиной, чем указано здесь. В таких случаях используется также оборудование, которое работает с более тонкими сварочными проволоками.

**Данные по дуговой сварке вольфрамовым электродом в среде инертного газа для латуни (99,95% Cu).
Защитная газовая среда: аргон.**

Тип	Толщина листа мм	Тип соединения	Сила тока А	Диаметр проволоки мм		Расход газа л/мин	Скорость сварки мм/мин
				Электрод	Присадочный металл		
Ручной режим	1,5	1 ¹⁾	50 - 175	1,2 - 2	1,5 - 2	7	-
	3	V	150 - 200	3,2	3	7	-
	6	X ²⁾	2 x 180	4,8	4	2 x 7	-
	10	X ²⁾	2 x 260	4	5	2 x 8	-
Автоматический режим	1	1 ¹⁾	160	3,2	1,2	8	1200 ³⁾
	1,5	1 ¹⁾	240	4	1,2	8	800
	3	1	330	4	1,2	8	200

- 1) Также двойное фланцевое стыковое соединение без присадочного металла.
- 2) Двусторонняя сварка.
- 3) Значительно более высокая скорость сварки может применяться для более тонких металлических деталей.

В случае металлических деталей толщиной более 12 мм обычно используется комбинация дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа и дуговой сварки металлическим электродом в инертном газе. Первый шов сваривается с использованием метода дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа, а последующие швы – с применением метода дуговой сварки металлическим электродом в инертном газе. Предварительный нагрев до температуры 300 - 600°С обычно производится в случае металлических деталей толщиной более 8 мм. Если такой подогрев проведен, можно использовать более низкую температуру электрода, что приводит к снижению интенсивности испарения металла. Ковка сварного соединения не обязательно, хотя это иногда применяется. Сила тока, диаметр сварочной проволоки и расход газов показаны в следующей таблице.

Данные по сварке металлическим электродом в инертном газе для меди (99,95% Cu). Защитная газовая среда: аргон.

Тип	Толщина листа, мм	Тип соединения	Сила тока, А	Диаметр электрода, мм	Расход газа, л/мин
Ручной режим	6	1	250 - 320	1,6 ¹⁾	20
	13	V	330 - 380	1,6 ¹⁾	20
	25	V, U	330 - 380	2,4	20

1) Может применяться также диаметр 2,4 мм

Латунь - Газовая сварка

При газовой сварке латунных деталей можно использовать сварочные сопла того же размера, что и при сварке стали. Рекомендуется избыточный кислород (30-50%) в пламени, чтобы избежать слишком большого испарения цинка. Присадочный металл должен содержать кремний: это позволяет снизить испарение цинка и применять чуть меньший избыток кислорода, чем в любом ином случае. Подогрев соединения облегчает формирование плотного сварного соединения. Соединения V-образной формы являются более предпочтительными.

При сварке никелевой латуни нужно применять чуть меньший избыток кислорода, чем при сварке других видов латуни. Это обусловлено риском образования оксида никеля. Такие сплавы восприимчивы к перегреву и поэтому следует использовать сварку правым способом.

Латунь - Дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа

Дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа рекомендуется для тонких металлических деталей. Этот метод приводит к образованию меньшего числа пор по сравнению с газовой сваркой. Сплавы, содержащие высокий процент цинка, трудно сделать плотными. В некоторых случаях может быть лучше применять дугу переменного тока: это позволит использовать меньшие температуры и приводит к меньшей пористости и менее интенсивному испарению цинка, чем при дуге постоянного тока. Дуга должна быть направлена на расплавленное место соединения, а сама сварка должна быть проведена как можно быстрее, чтобы удерживать температуру расплава, по возможности, низкой.

В случае более толстых металлических деталей рекомендуется предварительный подогрев до температуры 200 - 400°C. Это позволяет использовать более низкую температуру дуги, что, в результате, приводит к меньшему испарению цинка. Как правило, расплющивание шва не требуется.

Латунь, содержащая алюминий, сваривается с применением высокочастотного наложенного переменного тока. Подогрев до температур 200 - 300°C рекомендуется для более толстых металлических деталей, и в этом случае должна быть проведена двусторонняя сварка. По окончании сварки металл должен поддерживаться

при температуре 500 - 550°C в течение приблизительно пяти минут, чтобы удалить любые остаточные напряжения в нем.

Сила тока, диаметр проволоки и интенсивность газовых выделений показаны в таблице, приведенной ниже.

Латунь - Сварка металлическим электродом в инертном газе

Этот метод применяется не часто в связи с высокой температурой дуги, которая требуется для сварки. Метод приводит к интенсивному испарению цинка, если не применяется весьма специфичная сварочная методика. Толстые металлические изделия должны быть подогреты до температуры 200 - 400°C. Используются комбинации дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа и сварки металлическим электродом в инертном газе, особенно при сварке более толстых металлических деталей.

Специальные методы сварки

Во многих случаях последние разработки основных методов и специальных методов сварки, типа многоимпульсной дуговой сварки, оказываются более выгодными и приводят к хорошим результатам при работе с медными материалами.

Плазменная сварка

Этот метод может применяться при сварке деталей из меди и медных сплавов, включая толщины материала, равные сотым долям миллиметра.

Сварка электронным лучом

Это - метод, который показал хорошие результаты при использовании для сварки раскисленной меди и бесцинковых сплавов. Сварка проводится в вакууме без присадочного металла и приводит к чрезвычайно тонкому сварному соединению. Данный метод может также применяться для соединения других металлов с медью.

Данные для сварки металлическим электродом в инертном газе для латуни (65% Cu + 35% Z). Защитная газовая среда: аргон.

Тип	Толщина листа, мм	Тип соединения	Сила тока, А	Диаметр проволоки, мм		Расход газа, л/мин	Скорость сварки мм/мин
				Электрод	Присадочный металл		
Ручной режим	2,5	1	120	2,4	1,5 - 2	10	-
Автоматический режим	2,5	1	200	2,4	2,4	8	500

Соединение различных металлов

Медь и медные сплавы иногда соединяют с другими металлами, например, со сталью. В таких случаях необходимо учитывать различия между металлами - прочность при высоких температурах, теплопроводность, тепловое расширение, теплоту плавления и точку плавления, и т.п. - и как эти параметры будут воздействовать на сварной шов. В частности, при соединении меди со сталью необходимо учитывать риски, связанные с хрупкостью припоя на стали. Присадочные металлы следует выбирать с учетом особенностей обоих соединяемых металлов. Всегда нужно стремиться к расплавлению как можно меньшей части основного металла.

Проверка и осмотр

Далее следуют способы проверки качества сварного соединения: визуальный контроль, рентгенографический контроль, индукционное тестирование, индикация трещин с использованием проникающей жидкости, и испытательная нагрузка.

Свойства соединений

Как правило, сварные соединения, полученные в результате применения дуговой сварки вольфрамовым электродом в среде инертного газа или сварки металлическим электродом в инертном газе, имеют такие же прочностные характеристики или даже чуть лучше, чем основной металл, после того, как он прошел смягчающий отжиг. Соединения, полученные методом газовой сварки, могут иметь чуть меньший предел прочности на разрыв и удлинение, чем основной металл, но часто в таком случае металл подвергают ковке, чтобы увеличить его прочность. Всегда нужно помнить, что сварка, в случае латуни, может приводить к внутренним напряжениям, которые, в свою очередь, могут привести к коррозии под напряжением. Отжиг для снятия внутренних напряжений устраняет вероятность такой коррозии.

Пайка твердым припоем и пайка - сварка

Общие сведения

Пайка твердым припоем и пайка-сварка, по определению, представляют методы пайки, в которых используются присадочные металлы с рабочими температурами выше 450°C. В случае пайки твердым припоем соединение формируется путем проникновения присадочного металла между поверхностями соединения в капиллярном промежутке. В случае пайки-сварки используется стыковое соединение или угловое соединение. Такое соединение заполняется более или менее таким же образом, как при сварке плавлением. В обоих случаях температура сварки оказывается ниже точек плавления используемых деталей.

Детали, изготовленные из медного листового покрытия, которые трудно срастить вместе, могут быть спаяны с применением твердого припоя типа серебряно-фосфорно-медного сплава. Это позволяет получить пластичное, прочное и водонепроницаемое соединение между листами.

Сплавы

Рабочие температуры настолько высоки, что твердые сплавы, как правило, расплавляются во время пайки.

Медь

При пайке меди, содержащей кислород, температура или источника тепла или окружающей атмосферы должна быть снижена. В таком случае на металл не будет действовать то, что известно как водородная хрупкость (хрупкость металла). Все виды меди, за исключением меди, содержащей кислород, могут быть подвергнуты пайке твердым припоем и пайке-сварке.

Латунь

Простая латунь может быть подвергнута пайке твердым припоем. Если же она содержит высокую концентрацию чистой меди, к ней можно применить метод сварки-пайки. Однако последний метод трудно применим к сплавам, содержащим низкую концентрацию чистой меди, так как температуры плавления основного металла и припоя (который обычно представляет латунный тип) почти идентичны. Латунь, которая содержит цемент, может быть восприимчива к образованию горячих трещин. Эти металлы необходимо медленно охладить, тогда как детали нельзя охлаждать водой после пайки.

Припой

Твердый припой имеет высокие рабочие температуры и поэтому может применяться только для металлических деталей с соответственно высокими точками плавления: меди, латуни с высоким содержанием чистой меди и стали. Необходимо работать в окисляющей атмосфере или в окисляющем пламени, чтобы минимизировать испарение цинка из припоя.

Фосфорно-медный припой и специальный серебряно-фосфорно-медный припой – сильно разжиженные жидкости. Они могут применяться без флюса при пайке меди твердым припоем. При пайке альфа-бета-латуни припой может иметь склонность проникать в границы зерен основного металла, перешедшего в шов, и таким образом приводить к меньшей прочности сварного шва.

Из серебряных припоев чаще всего применяются припои, содержащие кадмий, вследствие того обстоятельства, что они являются разжиженными жидкостями, имеют низкие рабочие температуры и допускают кратковременные периоды пайки. Существуют рекомендации по технике безопасности их применения, которые необходимо учитывать при использовании припоев, содержащих кадмий. Например, такие припои нельзя применять при пайке труб для подачи питьевой воды. Необходимо следить за тем, чтобы имелась удовлетворительная вытяжная система на рабочем месте, чтобы удалять ядовитые пары, выделяющиеся при пайке с использованием любого припоя, содержащего кадмий.

Факторы риска, связанные с припоями, содержащими кадмий, привели к тому, что все больше теперь применяются свободные от кадмия припои.

Флюсы

Флюсы используются во время пайки твердым припоем, за одним или двумя исключениями. Только пайка меди с использованием припоев, содержащих фосфор, пайка в печи в защитной газовой среде, с использованием основного металла и припоев, не содержащих никакого цинка или кадмия, может быть проведена без применения флюса. Используются различные типы флюса в зависимости от рабочей температуры припоя и вида паяемого металла. Соединения бора различных типов - главная составляющая флюса.

Как правило, флюсы агрессивны, и поэтому любые осадения флюса должны быть удалены после пайки.

Флюсы внесены в список в соответствии с требованиями стандарта DIN EN 29454-1.

Предварительная обработка

Поверхности, подлежащие соединению, должны быть очищены. Оксидная пленка, грязь, смазка и т.п. должны быть удалены путем механической или химической обработки: зачистка, очистка металлической щеткой, обезжиривание или травление.

Структура соединения

Соединения, формируемые во время сварки-пайки, могут быть соединениями с угловым швом, соединениями с V-образной подготовкой кромок или двойными V-образными соединениями.

Во время пайки твердым припоем соединения формируются с зазором для припоя, чтобы припой мог проникнуть внутрь создаваемого шва с помощью капиллярности. Для большинства припоев соответствующая ширина этого зазора составляет 0,05 – 0,2 мм. Необходимо следить за тем, чтобы зазор не был слишком широким, так как чем шире зазор, тем меньше способность припоя проникнуть в зазор и тем слабее будет полученное соединение. В идеале, ширина зазора должна составлять примерно 0,1 мм. Это справедливо также по отношению к ширине зазоров при температурах пайки. Следовательно, необходимо учитывать различные свойства металлических деталей при тепловом расширении, которое может влиять на ширину зазора, когда металл нагрет.

Пайка с применением нагрева пламенем

Обычно используется кислородно-ацетиленовое пламя. Детали нагреваются до рабочей температуры с помощью пламени, после чего в зазор вводится припой без расплавления его в пламени.

Следует избегать пайки с применением нагрева пламенем для меди, содержащей кислород, так как имеется вероятность возникновения водородной хрупкости. Если необходимо паять такую кислородсодержащую медь, то нужно соблюдать чрезвычайную осторожность, чтобы пламя было нормальным или только чуть-чуть окисленным.

При сварке-пайке латуни с применением твердого припоя следует использовать, по возможности, низкую температуру, чтобы уменьшить интенсивность испарения цинка. По этой же причине, следует быстро нагреть деталь, используя окисляющее пламя.

Пайка в печи

Этот метод используется для пайки твердым припоем. Припой и флюс (при необходимости) наносят перед помещением металлической детали в печь. Пайка в печи особенно подходит для массового производства, так как допускает одновременную пайку большого количества деталей. Флюс, используемый в комбинации с пайкой в печи, может легко приводить к коррозии и появлению осадений в печи, так что вместо флюса часто используется восстановительная защитная газовая среда. Одной из применяемых предпосылок такой работы является то, что металл не должен быть окисленным: содержащая кислород медь никогда не должна подвергаться пайке в печи в восстановительной газовой среде (то есть в среде водорода).

Во время пайки в защитной газовой среде с применением припоя, содержащего цинк или кадмий, необходимо следить за испарением этих металлов, так как это представляет опасность для здоровья людей.

Охлаждение после пайки

Медь может быть быстро охлаждена после пайки. Другие сплавы, с другой стороны, подлежат охлаждению на воздухе, так что они акклиматизируются медленно.

Дополнительная обработка

Осаждения флюсов могут быть агрессивными. Поэтому необходимо придирчиво следить за тем, чтобы они были удалены с поверхности металла.

Свойства соединения

Прочность паяного фальца зависит не только от свойств основного металла, перешедшего в шов, но также и от структуры соединения и используемой методики пайки. Шов паяного соединения всегда содержит материал, который в определенной степени отличается от остальной части соединения. Важно правильно понять этот эффект. Если его игнорировать, цинк может сдираться с латунного соединения в медной детали, когда на соединение, к примеру, действует вода, тогда как остальная часть материала остается неповрежденной. Соединения также могут вызывать электрохимическую коррозию или непосредственно сами корродировать из-за их состава, если он отличается от состава основного металла.

Пайка мягким припоем

Общие сведения

За редким исключением, медь и медные сплавы очень легко поддаются пайке мягким припоем. Такая пайка может применяться в целях увеличения прочности и герметизации швов и т.п.

Медь

Пайка меди не вызывает никаких проблем.

Латунь

Пайка латуни обычно не вызывает никаких проблем. В неблагоприятных случаях детали с высокими внутренними напряжениями, которые возникают при холодной обработке, могут проявлять хрупкость вследствие проникновения припоя в границы зерен материала. Если метод пайки с припоем регулируется так, чтобы соединение было нагрето до температуры порядка 300°C перед нанесением на него припоя, такие эффекты будут исключены.

Латунь, которая содержит алюминий, трудно поддается пайке мягким припоем при использовании стандартных флюсов, которые обычно используются, если содержание алюминия в ней превышает 1-1,5%. Латунь, содержащая алюминий, может быть подвергнута травлению в 20-30%-м растворе серной кислоты непосредственно перед пайкой.

Припои

Свинцово-оловянистые припои обычно используются как мягкие припои. Они поставляются с различным относительным количеством олова и свинца, но доступны также с совершенно разными веществами, добавленными в них. Серебряно-оловянистые типы припоя - также обычный вид припоя. Помимо этих припоев, которые, как считается, представляют чаще всего применяемые виды припоя, используются также припои с весьма специфическим составом, пригодным для пайки мягким припоем.

Припои с высокими точками плавления используются для пайки деталей, которые должны функционировать при слегка повышенных температурах и в которых прочность обычных свинцово-оловянистых припоев считается недостаточной. Припои с очень низкими точками плавления используются в конструкциях, содержащих детали с ограниченным тепловым потенциалом.

Предел прочности на сдвиг для капиллярных паяных швов при комнатной температуре составляет примерно 20 - 40 Н/мм². Он зависит от времени, причем, чем больше время действия напряжений, тем слабее становится соединение.

Флюсы

Флюсы применяются для всех видов пайки мягким припоем. Они могут иметь различный вид в зависимости от условий, преобладающих во время пайки.

Растворы хлорида цинка с различными добавками обычно используются в случаях, когда требуется быстрое и полное удаление оксида на деталях или оксида, который формируется во время нагрева деталей. Флюсы этого вида агрессивны и необходимо тщательно удалить их осаждения сразу после того, как пайка будет закончена.

Могут применяться смолы (канифоль), когда использование агрессивных флюсов оказывается неприемлемым. Они менее эффективны, что означает, что интенсивность пайки будет меньше. Остатки смол не нужно удалять после пайки деталей, так как они не оказывают никакого агрессивного воздействия на металл.

Флюсы в виде хлоридов металлов могут быть сделаны менее агрессивными, а флюсы из смол более эффективными в результате введения добавок. Соединения, основанные на органических кислотах, также могут применяться в качестве флюсов.

Флюсы доступны в форме паст и жидкостей. В некоторых случаях они добавляются к припою. Это обычно относится к хлориду аммония (нашатырь), который добавляется к растворам хлорида цинка. Соединения аммония могут вызывать растрескивание вследствие коррозии под напряжением в медных сплавах, подверженных растягивающим внутренним напряжениям. Поэтому, при пайке латуни, всегда необходимо избегать применения флюсов, которые содержат хлорид аммония или любое иное соединение аммония.

Список флюсов приведен в стандарте EN 29454-1.

Структура соединения

Капиллярные соединения - наиболее общий вид соединений. Прочность соединения зависит от ширины зазора. Обычно ширина зазора соответствует 0,05 - 0,2 мм. Однако она должна быть не более 0,1 мм, чтобы соединение было по возможности более прочным. Зазор должен иметь параллельные стороны или небольшую конусность, чтобы его отверстие, в которое водится припой, имело самую большую ширину.

Предварительная обработка

Поверхности, которые подлежат соединению пайкой, должны быть чистыми и свободными от смазки и оксидов.

Методы пайки

Для нагрева во время пайки может применяться любой из следующих методов:

- Паяльник (нельзя применять при большом перекрытии соединения)
- Газовая горелка или паяльная лампа. Сжиженный природный газ, светильный газ или ацетилен могут применяться как горючий газ
- Пайка погружением. Этот метод обычен для серийного или массового производства
- Пайка в печи
- Пайка с применением контактного нагрева
- Индукционная пайка

Обработка после пайки

Как упоминалось выше, необходимо удалить агрессивные осаждения флюса. Это может быть осуществлено путем промывки металла в горячей воде.

Заклепочные соединения

Метод крепления, который известен как крепление потайными заклепками, был изобретен в начале 20-го века. Первоначально он применялся в авиационной промышленности. Потайные заклепочные швы могут быть найдены на многих материалах и конструкциях. Такое заклепочное соединение представляет хорошо проверенный и испытанный способ соединения тонких листов из металла.

Стандартные потайные заклепки

Заклепки поставляются с чашеобразной или потайной головкой. Заклепочные соединения на медных деталях выполняются с применением заклепок, изготовленных из меди или нержавеющей стали, тогда как шпильки изготавливаются из нержавеющей стали или бронзы.

Герметичные потайные заклепки

Герметичные заклепки имеют уплотненное тело с полностью герметизированной клинообразной головкой. Это, наряду с большим радиальным расширением, гарантирует полное уплотнение крепления после установки таких заклепок. Такая герметизированная клинообразная головка позволяет заклепкам выдерживать более высокие напряжения сдвига и внутренние напряжения вибрации, чем в случае применения стандартных заклепок.

Крепежные инструменты

Большое количество различных типов инструмента - от простых ручных инструментов до пневматических или работающих от батарей инструментальных средств — доступны для установки потайных заклепок.

Бездефектные соединения

Необходимо соблюдать следующие параметры, чтобы соединения были бездефектными, герметизированными и имели максимально возможную прочность:

- Точный диаметр отверстия
- Точная длина зажима
- Правильное крепление головки
- Правильный интервал между листами

МЕДЬ В АРХИТЕКТУРЕ



Книга «Медь в Архитектуре» - это одновременно и справочник и источник вдохновения, это книга, которой каждый из читателей найдет нужное применение. В книгу стоит заглянуть и для того, чтобы почерпнуть общие знания или идеи, и для того, чтобы найти точные данные и многоплановую специализированную информацию.