LUVATA

МЕДЬ В АРХИТЕКТУРЕ

©2007 Luvata. Первое издание, 2002 г.

Мы выражаем особую благодарность Шведской Ассоциации кровельных работ
(Plåtslageriernas Riksförbund, PLR) за разрешение использовать фотографии итекстовые материалы,
взятые из шведской книги Byggnadsplat.

МЕДЬ В АРХИТЕКТУРЕ

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

СВОЙСТВА

Статуя Свободы
США

Медь, используемая для покрытия крыш, чаще всего - это раскисленная фосфористая медь.

Чистая медь и медные сплавы

Медь, которая продается на рынке, имеет различные классы чистоты, которые определяются стандартами, применяемыми на рынке. Различия в классе зависят от содержания в меди кислорода, примесей и процесса очистки, который применяли во время производства меди.

Чаще всего применяют метод производства меди из медной руды, в котором используется некоторое количество кислорода, который формирует оксид Cu_2O и увеличивает выход медного сплава. Этот оксид не оказывает никакого неблагоприятного воздействия на удельную электропроводность меди; наоборот, он может улучшить этот показатель вследствие того, что имеющиеся в металле примеси могут связываться с кислородом, чтобы формировать оксиды. Однако если металл позже будет подвергаться нагреву в насыщенной водородом атмосфере, это может привести к формированию пузырьков - или водородной хрупкости - из-за водяного пара, который образуется, когда водород диффундирует в металл, содержащий кислород. Чтобы противодействовать этому, добавляется раскислитель; обычно фосфор, который, однако, слегка снижает проводимость меди. К другим раскислителям относятся бор, кальций и литий.

Следующий метод заключается в расплавлении металла и последующей разливке его без доступа кислорода. Одним из результатов такого принципа производства является электролитическая медь. Она используется главным образом для целей, где требуется максимально возможная удельная электропроводность, например, в электронной технике.

Очищенная медь не имеет такой же превосходной проводимости, как у электролитической меди, но зато она весьма пригодна к использованию в качестве строительного листового металла и обычно применяется как кровельный материал.

Главные качества сортов меди, которые входят в группу “чистой меди”:

Бескислородная медь с высокой электропроводностью, “OFHC” (Cu-OF, OF-OK®)

Чистота 99,95%; отсутствие взаимодействия с кислородом во время очистки. Не содержит никаких примесей. Эта медь не подвержена водородной хрупкости. Электролитическая медь - бескислородная медь с высокой электропроводностью, производимая путем расплавления катодов и разливки в защитной газовой среде, которая препятствует взаимодействию металла с кислородом.

Раскисленная медь, “вязкий пек с высокой электропроводностью” (Cu-ETP)

Чистота 99,9%; содержит следы оксида меди. Вследствие наличия кислорода, приблизительно 0,02%, можно использовать простой метод расплавления и разливки при производстве заготовок. Недостаток, связанный с кислородом, - это необходимость избежания нагрева, сварки или пайки меди в восстановительной атмосфере, так как кислород вместе с водородом в атмосфере печи или пламени формирует водяной пар, который может разрывать металл. Такая медь может иметь водородную хрупкость.

Раскисленная медь (Cu-DLP; Cu-DHP)

Как правило, раскисленная медь содержит несколько тысячных процента фосфора. Можно раскислить медь, используя вещества, отличные от фосфора, например, бор или литий. Фосфор добавляется для того, чтобы связать кислород в металле и сделать медь невосприимчивой к водородной хрупкости.
Количество фосфора обычно составляет 0,003% - 0,020% от общего состава материала. Чем больше будет добавлено фосфора, тем меньше проводимость металла и выше его способность противостоять водородной хрупкости.

Примеси в медных металлах и медных сплавах, которые создают самые большие проблемы с точки зрения качества, - это сурьма, висмут и свинец, и поэтому количество этих элементов в металле должно поддерживаться как можно меньшим.

Значительное количество меди, используемой в настоящее время – это различные сплавы. Сейчас в США производится до 500 различных сплавов с содержанием меди. Латунь обычно считают сплавом меди с цинком, а бронзу – сплавом меди с оловом. На самом деле в эти сплавы входит большое количество других элементов. Бронзовые сплавы, которые имеются сейчас на рынке, кроме меди и олова содержат небольшие разные по объёму доли цинка, железа, никеля, кобальта и фосфора. Присутствие этих веществ в сплавах в определенных количествах придаёт им некоторые качества, которые делают их пригодными для применения в различных отраслях промышленности.

Основные классы сплавов содержащих медь:

Низколегированная медь:

Добавки к меди обычно приводят к снижению ее проводимости. Медь сплавляется с малыми количествами одного или нескольких веществ, чтобы достигнуть определенных свойств без изменения ее основных характеристик. Добавление олова, железа или хрома делает медь более прочной. Сера или теллур улучшают ее режущие свойства. Добавление серебра, кадмия, олова или теллура увеличивает температуру размягчения и улучшает предел текучести медного сплава.

Латунь

Состоит главным образом из меди и цинка (до 45%). Сплавы, содержащие от 36% до 37% цинка (альфа-латунь), пластичны в холодном состоянии и легко поддаются механической обработке. Латунь, содержащая более 37% цинка (альфа-бета латунь), имеет более высокую жесткость и прочность, чем альфа-латунь, что приводит к более трудной механической обработке в холодном состоянии. Бета-латунь обычно выбирается для горячей обработки. Свинец добавляется к альфа/бета-латуни, чтобы улучшить ее режущие свойства, тогда как добавление алюминия, железа или марганца к бета-латуни приводит к увеличению предела прочности на разрыв и к повышению коррозионной стойкости.

Одним из примеров применения такого сплава является “подшипниковая латунь”, которая используется в коробках передач.

Никелевая латунь

Представляет сплав меди, цинка и никеля. Никелевая латунь обычно известна также как никелевое серебро (EPNS) из-за его цвета, похожего на цвет серебра. Этот сплав часто замещает серебро как основной металл для изготовления столовых приборов, кухонной посуды и т.п. Однако больше всего он используется благодаря своим более ценным свойствам – высокой прочности и высокой коррозионной стойкости.

Бронза

Это название было первоначально зарезервировано для сплавов меди с оловом. Однако современные “бронзы” могут также содержать, олово, алюминий, марганец, кремний или цинк вместо олова.

Оловянистая бронза

Обычные концентрации олова в сплавах типа оловянистой бронзы составляют 4%, 6% и 8%. Эти бронзы содержат также фосфор с целью их раскисления.

Данные сплавы легко поддаются холодной обработке и обычно обрабатываются в форме полосы или проволоки. После обработки в холодном состоянии они приобретают очень высокую прочность, и это увеличение прочности пропорционально относительному количеству олова в сплаве. Хорошие механические свойства, достаточная коррозионная стойкость позволяет использовать эти сплавы в качестве пружин и контактных материалов в электрических приборах и в области электроники.

Латунь - для применения внутри помещений.

Алюминиевая бронза

Содержание алюминия в алюминиевой бронзе составляет от 5% до 10%. Алюминиевые бронзы характеризуются очень высокой прочностью, причем увеличение прочности пропорционально относительному количеству алюминия в сплаве и может быть дополнительно увеличено путем добавления железа, марганца, никеля или кремния. Этот сплав имеет чрезвычайно высокую коррозионную стойкость, а также стойкость к окислению при высоких температурах. Его износостойкость также достаточно высока. Алюминиевая бронза используется в морской технике и для чеканки монет. Некоторые из новых евромонет, например, изготовлены из сплава Nordic Gold (Скандинавское золото). Производится также ряд других бронзовых сплавов, хотя и в меньшей степени, обычно с добавлением марганца, кремния или хрома.

Бериллиевая медь

Добавка 1-2% бериллия позволяет получить первоклассный пружинный материал, обладающий очень высокой прочностью. Бериллиевая медь - самый прочный медный сплав.

Медно-никелевый сплав, легированный марганцем и железом

Производится на основе медных сплавов, содержащих до 30% никеля, иногда с добавкой железа или марганца. Эти присадки приводят к увеличению прочности и улучшению коррозионной стойкости, главным образом ударной коррозии.
Этот сплав используется для производства труб и элементов конденсаторов и теплообменников; особенно в связи с работой в соленой воде. В последние несколько лет использование медно-никелевого сплава, легированного марганцем и железом, значительно расширилось в морской технике и в технике для разработки морских месторождений. Сплав давно применяется для производства монет.

Свойства материала Cu-DHP

Медь, используемая для покрытия крыш и фасадов, представляет собой главным образом раскисленную фосфористую медь, и имеет типовое обозначение Cu-DHP в соответствии со стандартом EN1172 (Европейский стандарт листовых материалов и полос для строительных целей).
Cu-DHP – это металл с хорошими свойствами стандартного формования и обработки. Отожженный медный лист используется в качестве кровельного материала с применением традиционного метода листового покрытия, а также для отделки фасадов, фальцевания и т.п. Как правило, применяется листовой материал средней твердости для полосовых кровельных покрытий и для получения молдингов, пластин и подобных материалов, когда важна жесткость материала.

Твердый материал рекомендуется для производства кассет и профилированных листов.

Приведенная ниже таблица указывает значения твердости и габаритные размеры защитного медного покрытия и полос, предназначенных для применения в строительном деле.

Относительно более подробной информации по стандартам и габаритам см. страницу 53.

Центр проведения конференций «Диполи», Эспоо, Финляндия

Механические свойства

Стандарт EN 1172:1996

Материал		Характеристика материала	R_m N/mm²		$R_{p0,2}$ N/mm²		A_{50mm} %	HV		
Обозначение	**Номер**		**мин.**	**макс.**	**мин.**	**макс.**	**мин.**	**мин.**	**макс.**	
		R220	220	260	-	140	33	-	-	отожженный
		H040	-	-	-	-	-	40	65	отожженный
Cu-DHP	CW024A	R240	240	300	180	-	8	-	-	средняя твердость
CuZn0,5	CW119C	H065	-	-	-	-	-	65	95	средняя твердость
		R290	290	-	250	-	-	-	-	максимальная твердость
		H090	-	-	-	-	-	90	-	максимальная твердость

Физические свойства CU DHP

Плотность	8,9 г/см^3
Точка плавления	1083°C
Удельная теплоемкость при 20°C[1)]	0,385 кдж(кг °C)
Коэффициент линейного расширения при 20°C - 100°C	16,8 x 10^4 °C^{-1}
Коэффициент линейного расширения при 20°C - 300°C	17,7 x 10^4 °C^{-1}
Модуль упругости	118000 Н/мм^2
Модуль сдвига	44000 Н/мм^2
Удельная электропроводность при 20°C[1)]	примерно 52 МС/м/ примерно 90% IACS[2)]
Теплопроводность при 20°C[1)]	примерно 365Вт (м°C)
Удельное сопротивление при 20°C	примерно 20 нОм м
Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления при 20°C	0,00275°C
... удельного электрического сопротивления при 0 -100°C	0,00354°C

1)Применяется для отожженных металлов
2)IACS = Международный стандарт отожженной меди 100% IACS эквивалентны удельному электрическому сопротивлению 17,241 нОм м и проводимости 58 МС/м

Термообработка Cu-DHP

Отпуск:
Температура 200°C - 250°C. Приблизительно в течение 1 часа
Мягкий отжиг:
Температура 350°C - 650°C. В течение 0,5 - 3 часов
Температура рекристаллизации - обычно в диапазоне около 300°C - 350°C.

Способность Cu-DHP поддаваться обработке

Способность поддаваться обработке при высоких температурах у этого металла очень высока. Рекомендуемая температура - 750°C - 900°C. Способность сплава поддаваться обработке в холодном состоянии, будучи отожженным, также очень высока. Эта способность уменьшается по мере нагартовки металла.

Обработка Cu-DHP резанием

Высокое качество обработанной поверхности может быть достигнуто, если соблюдаются рекомендуемые геометрия инструмента и данные для расчетов режима резания. Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что данный металл имеет тенденцию формировать осаждения на инструментальных средствах и создавать острые кромки. Обработка на высокой скорости и с высокой подачей преодолеет эти тенденции.. Металлическая стружка имеет большую длину и жесткость. В случае мягких металлов существует возможность гибкого изгиба или искривления заготовок. Обычно вероятность получения высокого качества обработанной поверхности повышается, если такой металл тверже.

Сварка и пайка Cu-DHP

Этот металл можно сваривать и паять. Однако высокая теплопроводность может несколько затруднить нагрев соединения, так как высокая температура легко рассеивается из места соединения, особенно в случае грубых деталей. Поэтому может возникнуть необходимость в предварительном подогреве заготовки.

Могут применяться следующие виды сварки и пайки:

Газовая сварка – легко.
Дуговая сварка металлическим электродом – трудно
Дуговая сварка в среде защитного газа – очень легко.
Точечная и линейная сварка – возможна при толщине металла менее 1,5 мм.
Стыковая сварка сопротивлением – легко.
Стыковая сварка оплавлением – возможна
Сварка с припоем – очень легко.
Пайка твердым припоем – очень легко в случае использования серебряного припоя, серебряно- фосфорно-медного припоя и фосфорно-медного припоя. Легкая пайка при использовании твердого припоя.
Пайка мягким припоем – очень легко.

Для получения дополнительной информации относительно сварки и пайки см. также раздел ТЕХНОЛОГИЯ в главе по сварке и пайке, страницы 123-132.

Коррозия/долговечность

В случае крыш и фасадов, изготовленных из меди, можно ожидать их исключительных больших сроков службы и долговечности. Общее впечатление относительно повреждения и износа медных листов таково, что места крепления являются их самым слабым местом. Во время проведения ремонтных работ и осмотра старых крыш листовой материал часто был в хорошем состоянии, в то время как крепежные элементы требовали замены.

Коррозионная стойкость меди на открытом воздухе очень высока. По существу, имеются три различных типа коррозии.

Обычная коррозия

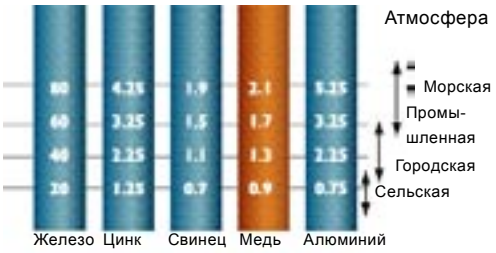
Наиболее общий тип коррозии - нормальная эрозия материала с поверхности. То обстоятельство, что скорость коррозии является очень низкой, подтверждается как серией контрольных экспериментов, так и длительными периодами практического использования материалов.

Средняя коррозия меди, в микронах

Сельская атмосфера	0,2 - 0,6 в год
Морская атмосфера	0,6 – 1,1 в год
Городская атмосфера	0,9 – 2,2 в год

Более интенсивная коррозия может происходить при неблагоприятных условиях, например, когда на металл воздействует вода с содержанием кислоты. Скопления воды, вызванные недостаточным дренажом, также могут привести к образованию местной коррозии.

Сравнение видов коррозии
Обычная коррозия (мкм/год)



Электрохимическая коррозия

Как правило, этой коррозии подвергается не медь, так как медь обычно более благородный элемент из металлов, которые обычно входят в контакт друг с другом в конструкциях. Однако медь может стать причиной электрохимической коррозии менее благородных металлов, таких, как алюминий, цинк или железо. Поэтому следует избегать контакта между этими металлами, и не допускать попадания воды, которая была в контакте с медью, на другие металлические поверхности.

Эрозионная коррозия

Повреждение поверхности из-за коррозии может происходить через какое-то время в точках контакта, где вода стекает вниз на медные поверхности. Как правило, это связано с тем, что вода кислотная и что контактное место постоянно истирается проточной водой и поэтому защитная оксидная пленка не может сформироваться. Еще более сильное истирание места контакта может произойти, если вода содержит также гранулы песка.

Чтобы предотвратить эрозионную коррозию в водосточных желобах в местах, где идут кислотные дожди, необходимо соблюдать принципы дренажа воды при укладке или монтаже крыш. При этом предполагается, что также может быть установлена защитная пластина поверх любых явных мест контакта желоба с водой.

Медь в контакте с другими металлами

Медь - один из так называемых благородных металлов, вот почему электрохимическая коррозия обычно не приводит к повреждению их поверхности. Будучи благородным металлом, медь, точно так же, как другие благородные металлы, может вызывать электрохимическую коррозию в других, “менее благородных” металлах как алюминий, инк и железо. Поэтому строительные конструкции должны быть разработаны так, чтобы не было контакта - ни прямого, ни косвенного - между такими металлами.

Если желательно использовать медь в комбинации с алюминием, например, то непроводящее электрический ток защитное покрытие должно быть нанесено на поверхности алюминия. Данный процесс известен, как анодирование. Тем самым, будет создано покрытие, стойкое к агрессивным веществам, поступающим от листовой меди. Вода, которая стекает с медных поверхностей, должна дренироваться таким образом, чтобы она не касалась никаких секций, содержащих “менее благородные” металлы.

Медь в контакте с другими строительными материалами

Местное повреждение может происходить в форме, которая известна, как эрозионная коррозия из-за недостатков в конструкции детали, например, в случаях, когда вода и частицы песка постоянно просачиваются и капают вниз на нижележащее покрытие из меди, истирая, таким образом, защитный поверхностный слой.

Нецелесообразно размещать защитное медное покрытие в прямом контакте с битумными поверхностями из-за возможности коррозии. Вода кислотных дождей, стекающая в концентрированной форме с битумной поверхности, будет препятствовать развитию защитного поверхностного слоя на медных листах. По прохождении определенного времени это приведет к обесцвечиванию и повреждению медного покрытия.

Фасады, изготовленные из не отталкивающих воду материалов, типа штукатурки, песчаника, кирпича, древесины и т.п., должны быть защищены от дождевой воды, содержащей медь; иначе это может привести к обесцвечиванию покрытия фасада. Отливы (фартуки) на оштукатуренных стенах должны заканчиваться слезниками, которые выступают не менее чем на 40 мм за внешние пределы отделки стены.

Защитная пластина на крыше, чтобы предотвратить эрозионную коррозию.

Естественная патина

Термин “патина” (patina) вообще относится к вещам, проявляющим признаки старины, но это также общепринятый термин для покрытия, которое появляется со временем на старой меди. Он иногда применяется в значении зеленая патина или aerugo nobilis – благородная ржавчина. В настоящее время патина особенно заметна в архитектуре, в частности, на очень старых медных кровлях и элементах фасада.
Применение меди - не только для изготовления памятников, но также и при строительстве заводских цехов и жилых домов - должно в значительной степени обоснованным с точки зрения отличительного и привлекательного проявления цвета, который появляется на поверхностях через какое-то время под воздействием ветра и погоды.

При отсутствии воздействия

Через один год

Через четыре года

Воздействие погодных условий на медь

Указанный цикл влияния погоды на медную кровлю крыши с наклоном 45°, южная сторона, в типичном промышленном городе в северо-восточной части Европы.

10 лет 15 лет 25-30 лет

Формирование патины

После первоначальной установки - как правило, в течение первых нескольких недель – на недавно уложенных медных листах могут появиться чистые, темные пятна - следы обращения с металлом и его обработки. Темные по цвету пятна могут также возникать на некоторых секциях из-за местных атмосферных воздействий. Незначительные отклонения могут проявляться между листами различной твердости и структуры. Эти отклонения обычно выравниваются через один-два года, и поверхность медного покрытия приобретает более равномерный темно-коричневый цвет, который не будет резко изменяться в последующие несколько лет. Однако постепенно начнет появляться зеленая патина. Вначале она возникает главным образом на горизонтальных и слегка наклонных поверхностях. Это не удивительно, так как на вертикальных поверхностях патина развивается значительно медленнее. Иногда она не возникает вообще.

Патина формируется вследствие атмосферной коррозии меди; то есть в результате воздействия обычной коррозии. Этот процесс можно представить как тенденцию металла вернуться в свое первоначальное, рудное, состояние. В отличие от ржавчины, которая образуется при коррозии железа и стали, продукты коррозии, которые образуются на поверхности из меди, имеют определенный защитный эффект.

Скорость развития патины поэтому зависит от интенсивности коррозии. Длительные испытания в различных местах Швеции показали следующие результаты:
Приблизительно 0,5 микрона* в год в сельской атмосфере (измерения в местечке Эркен региона Уппланд, Швеция).

Приблизительно 1-2 микрона в год в городской атмосфере (измерение в Стокгольме, Швеция).

Приблизительно 1 микрон в год в морской атмосфере (измерение в местечке Бонус Мальмё, Швеция).

*микрон = одна тысячная миллиметра

Это означает, что можно оценить долговечность, равную сотням лет, для обычного, толщиной 0,6 мм, листа кровельной меди при нормальных атмосферных условиях.

Условия, влияющие на развитие патины

Когда медь подвергается воздействию дождя и снега и находящихся в воздухе загрязняющих веществ (этот процесс называется электролитическим), на ее поверхности образуется пленка. В результате воздействия этого процесса образуются соли в виде гидроксида меди (основные соли), причем процесс усиливается при повышении сырости, влажности и температуры, которая может быть не слишком высокой. Особенно важны благоприятный показатель pH и достаточное содержание формирующих патину веществ в поверхностной влажности на меди.

Можно кратко рассмотреть термодинамические критерии формирования патины, связанные, как известно, с диаграммами изменения потенциала pH, которые показывают диапазоны стабильности для меди, оксидов меди и солей, таких как гидроксид меди в аэрированной воде. Из рассмотрения диаграмм можно видеть, например, что сульфатная и хлоридная патины в городской и морской атмосферах может ожидаться стабильной при значении pH поверхностной влажности около 4.

С точки зрения структуры покрытия, та часть патины, которая находится ближе всего к медной поверхности, состоит из темного оксида, в основном из оксида меди (1), Cu_2O. Затем покрытие содержит зеленое вещество, образованное солями типа гидроксида меди. Доминирующим компонентом является сульфат с химическим обозначением $Cu(OH)_{1,5}\ (SO_4)_{0,25}$, за исключением морской атмосферы, где обычно доминирует хлорид $Cu(OH)_{1,5}\ Cl_{0,5}$.

Может появляться небольшое количество таких элементов, как гидроксид-нитрата меди, $Cu(OH)_{1,5}\ (NO_3)_{0,5}$ и карбонат, $CuOH\ (CO_3)_{0,5}$ вследствие воздействия некоторых местных элементов коррозии, сажи и силикатной пыли. В городской и сельской атмосферах формирующими патину веществами являются, главным образом, антропогенные загрязнители воздуха, такие, как оксиды серы и нитратов. Хлориды доминируют в прибрежных областях.

Взаимодействие меди с окружающей средой

Медь – микроэлемент, который жизненно необходим для животных и людей. Он должен существовать также в почве, чтобы обеспечить нормальное развитие растительности. Таким образом, небольшие количества меди существуют естественным образом в окружающем нас мире. Без меди жизнь в ее современной форме не могла бы существовать. Однако принцип не допущения выделения в окружающую среду повышенных доз веществ, которые сами по себе являются важными для жизни, относится также и к меди. Правила установки средств для очистки сточных вод применяются в данном случае как профилактические правила против такого сверхобогащения природы микроэлементами. Вместе с тем количество меди, стекающей с медных кровельных покрытий, очень мало (см. рисунки на странице 36) и представляет мизерное количество меди, содержащейся в дождевой воде, когда она обрабатывается установками для очистки сточных вод. Таким образом, медные кровли можно рассматривать как экологически благоприятную альтернативу, которая соответствует всем целям и требованиям для хорошей циркуляции воды в природе.

Сток меди водой (и коррозия) кровельного медного покрытия

Медь имеет достаточно продолжительный срок службы вследствие ее коррозионной стойкости, которая значительно превышает таковую у большинства других кровельных материалов, доступных на рынке. Бледно-зеленый цвет, или патина, которая типична для более старой меди, является визуальным эффектом окисления, которое происходит, когда медь вступает в реакцию с веществами, находящимися в атмосфере. Некоторое количество коррозии металлической меди происходит все же при такой реакции, которая происходит всякий раз, когда медь размещается на открытом воздухе. Глубина этой коррозии настолько ограничена, что в течение сравнительно короткого срока эксплуатации это действие коррозии является едва измеримым, даже в наиболее агрессивных условиях атмосферы города и промышленных предприятий.

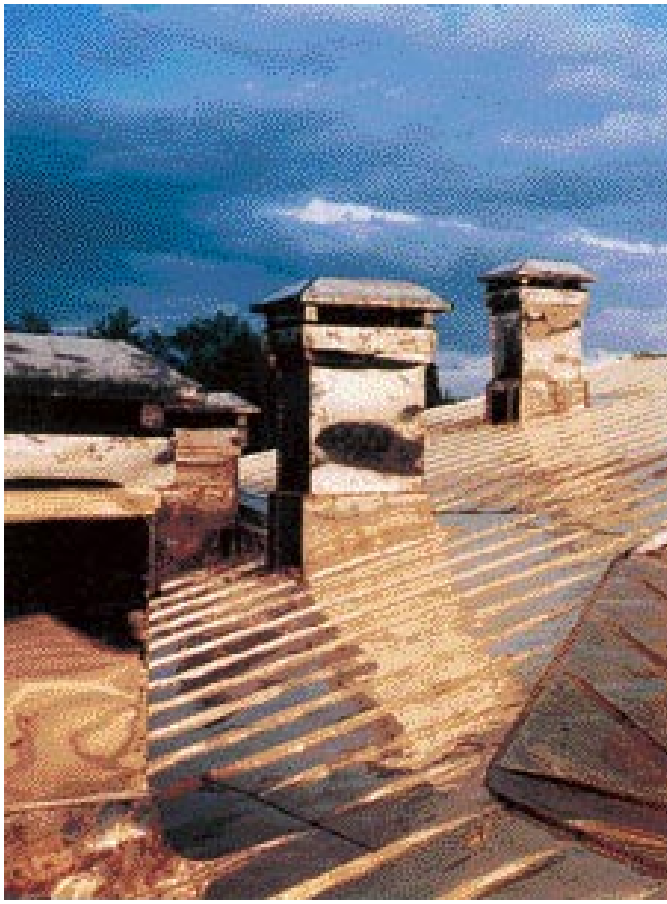
Медные кровельные покрытия имеют несравнимый ни с чем срок службы. Никто не знает, какого возраста может достигнуть медная кровля. Фотография ратуши в Мальмё, Швеция.

Окрашивание в зеленый цвет, которое иногда появляется в связи с дренажом покрытой медью поверхности, связано с действием зеленых минералов меди, которые образуются в результате реакции меди с материалами, содержащими карбонат (например, цемент). В соответствии с наблюдениями, проведенными Королевским Институтом Технологии в Стокгольме, эти осаждения оказывают очень малый эффект или вообще не оказывают никакого эффекта на окружающую среду.

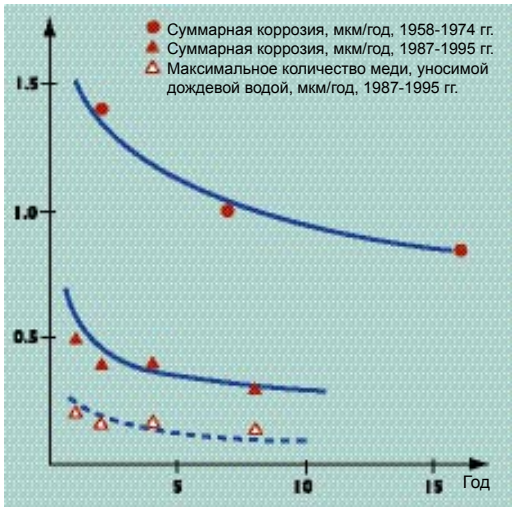
В этом контексте необходимо подчеркнуть, что коррозия в случае меди чрезвычайно мала, и что большинство образовавшихся в результате коррозии продуктов, никогда не переносит далеко дождевая вода и подобные средства распространения, а остаются на медной поверхности в форме оксидов и патины.

Рисунок в левом нижнем углу представляет измерения результатов воздействия коррозии и стока воды с медной поверхности.

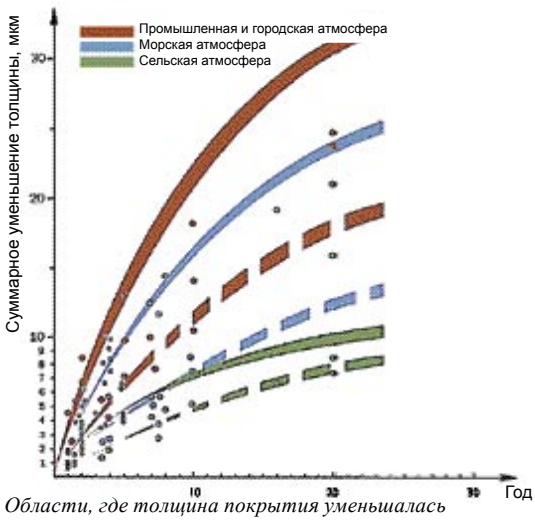
Рисунок в правом нижнем углу основан на измерениях уровней коррозии в зависимости от времени и различных типов атмосферы.



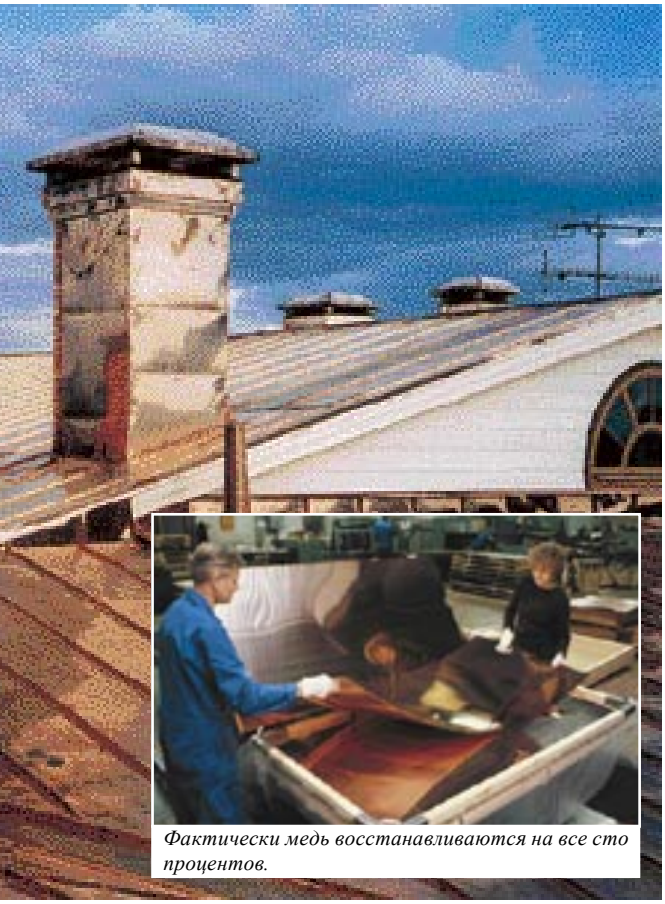
При замене медной кровли стоимость металла и металл, полученный в процессе восстановления меди из скрапа, возмещают большую часть стоимости нового покрытия крыши.



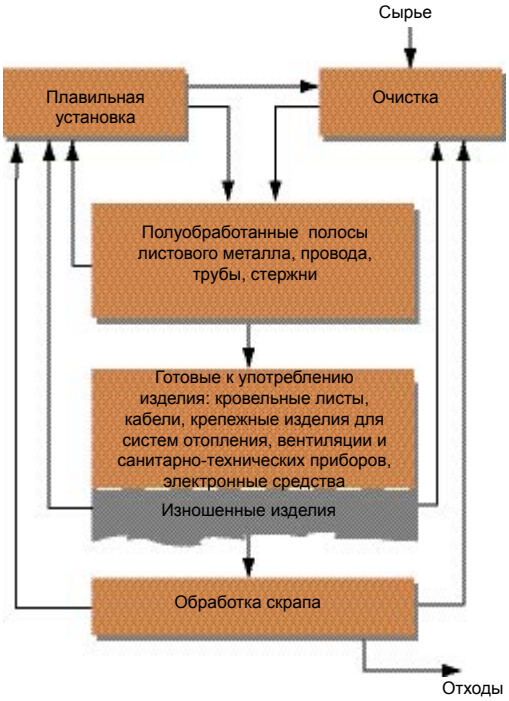
Интенсивность коррозии меди в Стокгольме



Области, где толщина покрытия уменьшалась (суммарная коррозия = оставшиеся и смытые водой продукты коррозии) как функция времени для различных типов климата.



Фактически медь восстанавливаются на все сто процентов.



Чистая медь - часть бесконечного цикла ее использования

Долговечная ценность металлической меди, которая следует из факта, что она является металлом, который может быть восстановлен и переплавлен столько раз, сколько необходимо, без потери его специфических металлических свойств, означает, что медь может быть восстановлена и многократно использована. С того времени, когда статуя Колосса Родосского разрушилась и её было невозможно восстановить, внешнее бронзовое покрытие статуи было многократно использовано, после переплавки, для других, новых целей.

В современном обществе требуются сложные методы обращения со всеми отходами, которые мы производим. Ценность металла и возможность использования простых процессов переработки меди с целью получения ее первоначального уровня качества подразумевают, что медь – это ведущий материал среди всех металлов, поступающих для переработки. В настоящее время, например, около 40% от общего потребления очищенной меди основано на утилизации скрапа. И эта цифра постоянно растет. Что же касается производства листовой меди, предназначенной для строительных целей, - такая медь известна как листовой строительный материал – то цифра восстановления такой меди теперь составляет почти 100%.

Энергосберегающие свойства как при первом, так и при повторном использовании

С точки зрения долговременности применения, использование долговечных материалов и забота о сохранении ресурсов нашей земли – это первоочередные вопросы, решаемые в наше время. Природные ресурсы не беспредельны: как раз наоборот, они ограничены и не должны быть, поэтому, полностью исчерпаны. Ресурсы нашей земли предоставлены нам только как заем.

С этой точки зрения, медь, кажется, представляет хорошо обдуманный выбор материала. Это - подлинный и естественный материал, он стабилен и никогда не обременяет общество затратами на сбор отходов или закапывание мусора. Вместо этого медь всегда может быть восстановлена и многократно использована снова и снова в процессе восстановления, который характеризуется очень низким энергопотреблением. Средняя затрата электроэнергии на производство одной тонны меди из руды составляет 30 МВт-ч. Производство такого же количества меди из скрапа требует только 3 МВт-ч электроэнергии.

Даже использование изделий, изготовленных из меди, означает своего рода непосредственное сохранение электроэнергии. Это связано с рентабельными свойствами такого материала, а именно высокими проводимостью и прочностью, и, кроме того, такими дополнительными факторами, как продолжительный срок службы и отсутствие необходимости в обслуживании.

KIRJASTO ON
SUOJETTU

ТЕХНОЛОГИЯ

Библиотека в Тампере,
Финляндия

Всепогодное укрытие здания

Внешние воздействия

Дождь

Крыши и наружные стены подвергаются большим нагрузкам, когда идет дождь. Разгерметизированные места в гидроизолирующих накладках позволяют дождевой воде легко проникать в кровельное покрытие/стены и стекать в нижележащие области. Карниз, коньки крыш, отливы (фартуки) и соединения с более высокими стенами – все это особенно восприимчивые области, так как, разумеется, все они имеют отверстия или свесы крыши.

Дождь наиболее опасен в комбинации с сильным ветром и когда он действует под углом к зданию. При сильном ветре дождь может задуваться под внешнюю крышу - даже в случае крыш с большим углом наклона - и находить путь в полости крыши через соединения и детали.

Когда скорость ветра превышает скорость падения дождевых капель, вертикальные поверхности могут подвергаться большему воздействию дождя, чем горизонтальные поверхности. Таким образом, суммарное воздействие дождя на материал зависит и от интенсивности осадков и от скорости ветра. Самые большие количества капель дождя попадают на карнизы и углы крыш. Фасадная часть фронтона также больше подвержена воздействию дождя, чем длинные фасады. Длинный свес крыши может обеспечить эффективную защиту нижерасположенных фасадов.

Умело сконструированные крыши и наружные стены необходимы для выдерживания нагрузок, вызванных сильным дождем. Если крыша должна обеспечить эффективную защиту от дождя, то важно, чтобы системы дренажа крыши, включая водосточные желоба и трубы, были правильно разработаны и имели необходимые размеры, и чтобы были правильно размещены водосточные колодцы и водосливы. Неправильно размещенные водосточные колодцы в случае крыш с малым наклоном - обычная причина застойной воды.

В случае внутреннего дренажа крыши важно разместить переливные трубы в местах, где существует опасность блокировки потока в водосточных трубах. Необходимо обеспечить, чтобы эти водосливы могли пропускать трехкратный объем прогнозируемого потока воды.

В местах, где крыша соединена с более высокой наружной стеной, необходимо учитывать полное количество воды, которая может собираться здесь и, следовательно, воздействовать на крышу в случае проливного дождя.

Снег

Снег на крыше может создавать главные нагрузки на конструкцию крыши. Поскольку он гигроскопичен (то есть поглощает влагу), его плотность во время таяния почти такая же, что и плотность воды. Занесенные снегом области могут создавать концентрированные нагрузки, которые должны быть учтены при проектировании несущих конструкций.

Объем снега, который предположительно может воздействовать на крышу, зависит, конечно, от местоположения здания (и географического и в местном масштабе). При этом центральным вопросом является также выбор кровельного материала (трение) и конструкции крыши. Было установлено, что крыши с наклоном 20 - 30º обычно собирают больше снега, чем крыши с более крутыми или менее крутыми откосами.

Легко понять, почему снег не удерживается на крутой крыше по сравнению с плоской крышей. Но даже крыши с углом наклона менее 20 -30º обычно собирают меньше снега, чем крыши с наклоном 20 - 30º. Причина этого в том, что в случае крыш с малым наклоном снежный покров уменьшается даже при слабых порывах ветра (конечно, противодействующими этому факторами являются острые коньки крыш, структуры или другие конкретные секции, где легко могут формироваться снежные карманы). С другой стороны, в случае круто спадающих крыш часто имеется подветренная сторона, где снег может оседать и накапливаться. Это означает, что при проектировании крыши следует учитывать и изменяющиеся и сосредоточенные нагрузки.

Хлопья снега падают медленнее, чем дождевые капли, так что они могут оставаться висящими в воздухе в течение продолжительного времени и перемещаться вверх и вниз воздушными потоками. Таким образом, свежий снег может проникать в здание через места, которые кажутся хорошо защищенными, а именно через проемы, вентиляционные трубы, щели и неуплотненные места.

Когда снег тает, он может начать соскальзывать и повредить колпаки над дымовыми трубами, отливы труб, систему водосточных желобов, и т.п. Ограждения от снега и устройства для предотвращения соскальзывания снега могут предотвратить такое повреждение, а также не допустить падение снега с крыши. Установка таких средств защиты от снега связаны с учетом больших нагрузок и должны быть спроектированы в соответствии с такими нагрузками.

Лед на крыше

Лед и сосульки могут образовываться как на крутых, так и на пологих крышах. Когда снег тает, а погодные условия изменяются, застойная вода на крыше формирует лед. Куски льда, размер которых постепенно уменьшается с повышением температуры, легко растрескиваются из-за высокого коэффициента температурного расширения льда. Если лед заморожен на атмосферозащищенном слое, перемещения трещин могут привести к повреждению кровельного материала - что не возможно, если используются металлические кровли.

Сосульки на карнизах

При таянии снега на карнизе обычно образуются сосульки, которые могут создавать влажность по всей длине как карниза, так и расположенного ниже фасада. Блоки льда могут формироваться в водосточных желобах и трубах, что приведет к остановке потока воды с крыши.

Если в водосточных желобах и трубах образуется лед, можно использовать греющий электрокабель, чтобы расплавить его. Однако важно выяснить, почему формируется лед, прежде чем осуществлять какой-либо вид противодействия этому

Сосульки из-за внутреннего рассеяния тепла формируются первоначально тогда, когда снежный покров на крыше становится настолько толстым, что образуется изоляционный слой. Температура плавления льда передается снегу, который начинает медленно таять. Причины такой протечки тепла включают плохую изоляцию, недостаточную вентиляцию или, попросту, неуплотненные места, которые позволяют теплому воздуху просачиваться из здания.

Системы дренажа крыши, теплоизоляции карнизов и крыш и вентиляционные установки должны быть установлены как можно аккуратнее, чтобы предотвратить все виды формирования льда.

Рекомендация по дренажу крыши

- крутые, холодные крыши могут иметь внешние холодные водосточные воронки
- теплые крыши, плоские крыши и т.п. должны иметь теплые водосточные воронки
- плоские крыши - и теплые и холодные - должны иметь теплые водосточные воронки

Однако не всегда просто определить точную границу между крышами, которые могут рассматриваться как “холодные”, и крышами, которые можно считать “теплыми”. Требуется точный расчет в каждом отдельном случае, чтобы оценить, подходящим образом, какое решение является лучшим с точки зрения влажности.

Сосульки на карнизах указывают, что тепло просачивается из дома.

Образование льда на карнизах может быть предотвращено в некоторой степени путем применения греющего электрокабеля. Однако важно сразу спроектировать крышу так, чтобы предотвращалось образование льда.

Град

Чисто гипотетически, сильные ливни могут, конечно, привести к повреждению медных листов кровли. Однако обычно град никогда не создает серьезных проблем. Кроме того, одинаково невозможно пытаться предсказать или оценить степень этого риска или учесть его при выборе материалов и проектировании крыш или фасадов.

Ветер

Ветровые нагрузки - самые сильные и чаще всего самые вредные факторы, которые воздействуют на крыши и фасады. Требуется глубокое знание ветровых нагрузок, чтобы можно было правильно оценить допустимые размеры кровельного покрытия и облицовки фасада.

Ветер, действующий на здание, создает положительное давление на наветренной стороне и отрицательное давление на других сторонах здания. Если удары ветра приходятся непосредственно на здание, самое сильное положительное давление ветра создается в центре наветренной стороны и уменьшается в направлении к углам здания. На подветренной стороне, наибольшее отрицательное давление возникает в углах и верхней секции фасада. На распределение давления влияет также направление ветра, турбулентность, геометрическая конструкция здания и топография окружающей местности.

Молния

Не имеется никакого дополнительного риска удара молнией, если кровля и облицовка стен изготовлены из металла в противоположность любому другому материалу. В действительности, все будет как раз наоборот: способность металла проводить электричество используется в системах защиты зданий от молнии. Имеются доступные четкие правила и инструкции относительно того, как металл следует использовать в кровле и для систем проведения электричества в землю. Удары молнии могут обжечь металл. Если разряд молнии приходится на металлический проводник, теплообмен может быть достаточно большим, чтобы металл расплавился. В случае тонкого защитного покрытия из металла в месте удара могут формироваться прожженные отверстия. Профилированные медные элементы могут быть использованы в качестве кровельного проводника и системы защиты от молнии. Такие медные элементы на стенах могут соответственно действовать как вертикальный молниеотвод. Рекомендуемое расстояние между крышей и землей - когда вертикальный молниеотвод связан с проводом заземления - не должно превышать 20 м, а толщина листа должна быть не менее 0,6 мм. Листовое покрытие фасада может быть также использовано как система защиты от молнии и кровельный проводник. Фальцевые соединения действуют как защитные средства, и опыт показал, что в этих соединениях (швах) наблюдается весьма малая искровая эмиссии.

Температура

Крыши и фасады подвержены большим колебаниям температуры, которые, в свою очередь, вызывают увеличение нагрузки и перемещений в материале. Главным образом крыша, но также и фасад, должны быть спроектированы с учетом того обстоятельства, что колебания температуры могут происходить между наружной поверхностью и глубинными структурами. Факторы, которые влияют на материал, включают температуру воздуха, интенсивность солнечного излучения, скорость ветра, теплоемкость и тепловое сопротивление материала, а также способность поверхности поглощать и рассеивать тепло.

Загрязнение

Вещества - главным образом загрязняющие вещества – находящиеся в воздухе и воде (осадки), воздействуют на материалы кровли и фасада различными способами. Металлы могут разрушаться, корродировать или каким-либо иным образом растворяться и выщелачиваться, например, диоксидом серы, хлоридами и сульфатами.

Гуано, смесь накопившейся влажной грязи и водорослей, может вызвать повреждение металла. Деление коррозионной активности на классы используется для того, чтобы классифицировать воздействия различных климатических факторов, включая частоту возникновения коррозии. Классы атмосферной коррозионной активности обозначаются выражениями C1, C2, C3, C4, C5-I и C5-M. Дополнительная буква I в классе C5 введена для “промышленной среды”, а буква M - для “морской среды”. Следующая таблица содержит такие примеры сред, которые считаются типичными для каждого соответствующего класса коррозионной активности.
Вообще, классы C2 - C5 наиболее важны для кровельных покрытий и облицовок стен.
Стоит отмечать, что разделение коррозионной активности на классы введено, главным образом, для того, чтобы оценить потребность в защите от коррозии стальных конструкций; но такое разделение используется также как основа для выбора средства защиты от коррозии листового металла.

Классы коррозионной активности в соответствии со стандартом SS-EN ISO 12944-2

Класс коррозионной активности	Коррозионная активность среды	Примеры типичных сред в умеренных климатических зонах (для сведения)	
		Вне помещений	Внутри помещений
C1	Очень низкая		Нагретые области с сухим воздухом и незначительным количеством загрязнений, например, офисы, цеха, школы и гостиницы.
C2	Низкая	Атмосфера, содержащая небольшое атмосферное загрязнение. Сельские районы.	Не отапливаемые области с переменной температурой и влажностью. Низкая интенсивность конденсации и малое атмосферное загрязнение, например, спортивные центры, хранилища, и т.д.
C3	Умеренная	Атмосфера, содержащая некоторое количество соли, или умеренное атмосферное загрязнение. Городские зоны и небольшие промышленные территории, а также области с некоторым влиянием морской атмосферы.	Области с умеренной влажностью и умеренным атмосферным загрязнением вследствие действия технологических процессов, например, пивоваренные заводы, маслобойни, средства сухой чистки, и т.п.
C4	Высокая	Атмосфера, содержащая умеренные количества соли, или заметное атмосферное загрязнение. Промышленные или прибрежные области.	Области с высокой влажностью и заметным атмосферным загрязнением, вызванным действием технологических процессов, например, в химической промышленности, в плавательных бассейнах и на верфях.
C5-I	Очень высокая (промышленная среда)	Промышленные зоны с высокой влажностью воздуха и агрессивной атмосферой.	Области с почти постоянной конденсацией и большой степенью атмосферного загрязнения.
C5-M	Очень высокая (морская среда)	Прибрежные и оффшорные зоны с большим количеством соли в атмосфере	Области с почти постоянной конденсацией и большой степенью атмосферного загрязнения.

Лучший способ предотвращения повреждения вследствие ходьбы и проведения работ на крыше заключается в том, чтобы создать закрепленные пешеходные дорожки.

Обратная диффузия

Обратная диффузия (рассеяние) пара в наружных стенах представляет проблему, которая была замечена во внешних стенках облегченной (колодцевой) кирпичной кладки, на которые сначала подействовал сильный, проливной, дождь и затем быстрый нагрев лучами солнца. Результат этого воздействия - аккумулирование влажности на внешней стороне паронепроницаемой кладки, которая может привести к повреждению стен из-за влажности и появления плесени в наружной стене.

Подобное явление возникает в крышах над катками, которые используются в течение лета. Колебания температуры в помещении катка и в крыше катка приводят к формированию конденсата, который осаждается на противопаровом уплотнении различными способами в зависимости от типа крыши, изоляции и конструкции деталей.

Очистка от снега

Медные кровли должны быть идеально очищены от снега, для чего следует использовать деревянную совковую лопату, чтобы не повредить защитное медное покрытие. Лучший способ предотвращения повреждений кровли из-за ходьбы и проведения работ на крыше - это создание фиксированных проходов во время строительства крыши.

Повреждение и разрушение

Необходимо использовать жесткую, “от стены до стены” опору под листовым покрытием кровли, чтобы предотвратить вдавливание или повреждение облицовки листового металла.

Что касается фасадов в открытых положениях, то можно сделать нижнюю секцию более устойчивой, используя основание, которое лучше выдерживает влияние внешних факторов, чем сам фасад.

Внутренние воздействия

Как крыши, так и наружные стены могут быть подвержены действию влажности, которая поступает изнутри здания. Влажность в воздухе внутри помещения стремится стать такой же, что и влажность в наружном воздухе. Такой процесс выравнивания влажности может происходить или с помощью диффузии или конвекции. Диффузия вызывается различием между концентрацией пара на открытом воздухе и концентрацией пара в закрытом помещении. Конвекция вызывается различиями в атмосферном давлении и температуре.

Диффузия

Влажность воздуха внутри помещений принимает форму пара, который производится внутренними воздействиями (например, во время мытья или принятия душа) и людьми (дыхание). Различия в концентрации пара в различных частях здания определяет направление перемещения пара. Диффузия (рассеяние) пара происходит от мест с более высокой концентрацией пара к местам с меньшей концентрацией пара.

Концентрация пара, обозначаемая буквой v (г/м^3), - это мера количества водяного пара в воздухе. Она применяется также по отношению к воздуху, находящемуся в порах различных материалов.

Факторы, которые воздействуют на материал, включают температуру воздуха, интенсивность солнечного излучения, скорость ветра, теплоемкость и тепловое сопротивление поступившей воды.

Самое большое количество водяного пара, который воздух способен содержать при конкретной температуре, известно как концентрация насыщенного пара и обозначается буквой v_s (г/м^3).

Концентрация насыщенного пара при различных температурах

Температура (°C)	Концентрация насыщенного пара (г/м^3)
-20	0,89
-16	1,27
-12	1,80
-8	2,53
-4	3,52
0	4,86
4	6,36
8	8,28
12	10,67
16	13,63
20	17,28
22	19,41

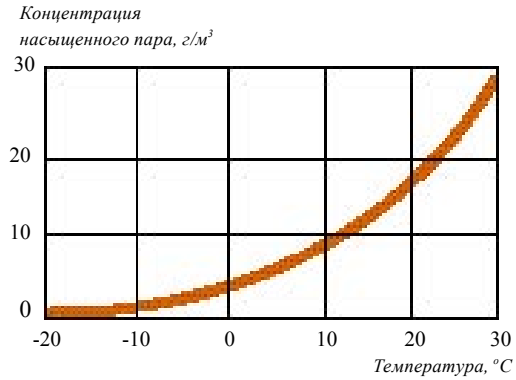


Таблица: Связь между концентрацией и температурой насыщенного пара

Показатель относительной влажности (RH) используется как выражение влажности воздуха в данный момент. RH – это отношение концентрации пара (v) к концентрации насыщенного пара (v_s) при конкретной температуре.

Вероятность возникновения влажности из-за конденсации может быть оценена на основе показателя RH и температуры.

Конденсация образуется, когда концентрация пара равна или выше концентрации насыщенного пара при конкретной температуре.

Пример
RH = 65% и температура = 20°C.
- сколько водяного пара находится в воздухе?
- при какой температуре существует риск образования конденсации?

Из таблицы (страница 61) можно видеть, что:
v_s=17,28 г/м^3
RF=v/v_s → Отсюда v = 65 x 17,28/100=11,23 г/м^3

Используя совокупность статистических таблиц для концентраций насыщенности пара, можно показать, что возможность образования конденсации существует при температурах менее 12,8°C.

В наружном воздухе концентрация пара изменяется в течение всего года. Зимой она может составлять 2-4 г/м^3. Летом, когда часто наблюдается испарение, концентрация пара может достигать 7-10 г/м^3. Колебания температуры в течение всего года означают, что относительная влажность RH летом оказывается ниже, чем зимой. Можно оценить, что RH = 85% зимой и 70% летом.

Дополнительная влажность добавляется к влажности воздуха в помещении людьми, во время мытья, работы на кухне, принятия ванны и так далее. Количество дополнительной влажности в воздухе зависит от нашего поведения, нашего образа жизни и наших внутренних привычек, а также от средств вентиляции. При измерении различия в концентрации пара между наружным воздухом и воздухом в помещении это различие - то есть дополнительная влажность - составляет обычно примерно 2-4 г/м^3.

Что касается крыш, конденсация может формироваться внутри конструкции или как поверхностная конденсация на внутренней части крыши. Так как она представляет различие между концентрациями пара, которое вызывает диффузию, то можно рассчитать, имеется ли вероятность формирования конденсации внутри конструкции покрытия. Направление диффузии в построенном здании - когда влажность в здании устранена - обычно соответствует направлению от внутренней части к внешней стороне здания.

Пар, выходящий через крышу, охлаждается и может приобретать температуру, при которой достигается концентрация насыщенного пара. Вода, которая осаждается в этом случае, может приводить к проблемам, связанным с влажностью и плесенью.

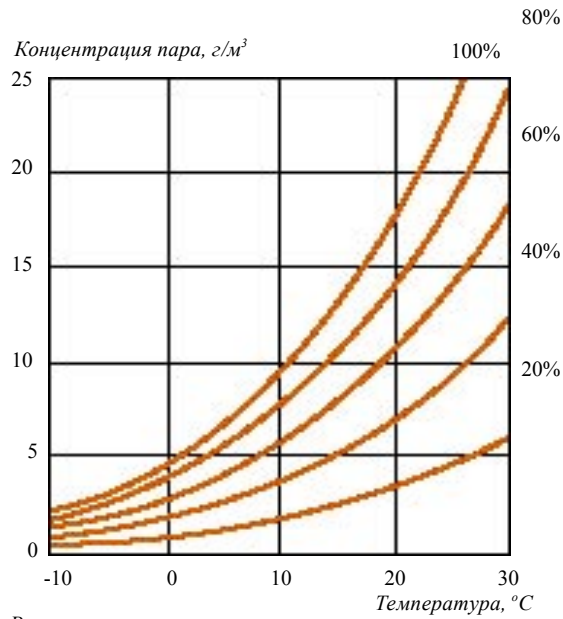


Рисунок:
Связь между температурой, концентрацией пара и относительной влажностью.

Устойчивость материалов к перемещению водяного пара должна быть больше внутри, чем снаружи, чтобы предотвратить вредную диффузию через крышу. Информация относительно устойчивости различных материалов к перемещению водяного пара может быть получена в сборнике статистических таблиц.

Ограниченное количество конденсата внутри наружной стены допустимо, при условии, что этот конденсат может быть отведен или дренирован, или если с влагой можно обращаться так, чтобы она испарялась при изменении соотношений температуры и влажности. Такой подход справедлив также для нижней стороны крыш.

Вероятность образования конденсата может быть проверена путем расчета распределения концентрации пара, через наружную стену.

Поверхностная конденсация

Конденсат на крышах может формироваться независимо от того обстоятельства, что и уплотняющие прокладки и воздухонепроницаемое уплотнение будут, насколько это возможно, герметичными. Причина этого в том, что поверхность может достигать температуры, которая меньше температуры насыщения окружающего воздуха. Температура и концентрация пара в воздухе - факторы, которые приводят к формированию поверхностной конденсации. Точка росы – это самая низкая температура, при которой влажный воздух может достигать насыщения и начинается осаждение влаги из воздуха в форме конденсата.

В некоторых случаях температура поверхности крыши может быть на 10°C ниже температуры воздуха. Если конденсация формируется в результате последовательности нескольких холодных ночей, это может, в конечном счете, привести к формированию толстого слоя льда. Когда погода становится более теплой и лед тает, вода может собираться на крыше, несмотря на то, что крыша явно не имеет дефектов и находится в исправном состоянии.

Поверхностная конденсация на внутренней части крыши также может формироваться, когда имеется снег на крыше и при этом установилась теплая погода вне здания (температуры более чем 0°C).

Проблемы с поверхностной конденсацией происходят чаще всего тогда когда под листовой кровлей нет прослойки для отвода воды. Деревянные панели могут временно поглощать некоторое количество влаги, но не более, чем они могут испарить, когда концентрация пара в воздухе уменьшится.

Критерий предотвращения поверхностной конденсации на внутренней части крыши выражается математически следующим образом:

$T_s > T_{sat\,i}$

где T_S = атмосферная температура, и

$T_{sat\,i}$ = точка росы для конкретного влажного воздуха в помещении.

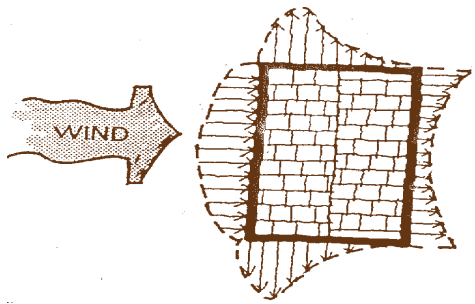
Конвекция

Концентрация пара может перемещаться в результате перемещения воздуха - то есть конвекцией - а также диффузией. Диффузия и конвекция могут привести к повреждениям материала.

Конвекция вызывается различиями в атмосферном давлении, которые возникают из-за колебаний температуры, действия ветра и вентиляционных установок, когда атмосферное давление изменяется от высокого к низкому значению.

Когда воздух перемещается от теплой к холодной области, то возникает риск образования конденсата, когда охлаждается теплый влажный воздух.

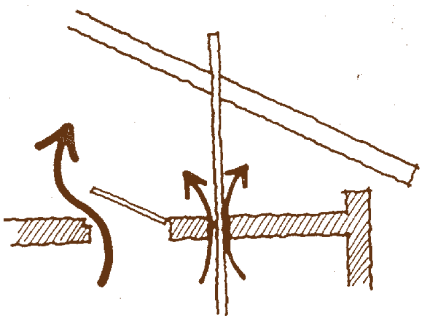
Прохождение воздуха через крыши и наружные стены может быть вызвано наличием негерметизированных секций, отверстий и проемов. Кроме того, как правило, имеется скрытое положительное давление в закрытом помещении, которое само по себе является фактором риска с точки зрения конвекции влаги через крышу. Это положительное давление увеличивается неправильно установленными вентиляционными установками и/или действием ветра. В зданиях с постоянно высокой внутренней влажностью имеется более высокая вероятность прохождения теплого, влажного воздуха вверх и проникания его через крышу наружу.



ВЕТЕР Ветер, дующий на какой-либо дом, с оказанием давления на наветренную сторону и подсоса на других сторонах. Действие ветра, неправильно установленные вентиляционные установки и внутреннее положительное давление – все это факторы, которые увеличивают возможность конвекции.

Может оказаться трудным рассчитать поток воздуха, проходящего через крышу или наружную стену вследствие конвекции, но можно это сделать на основе теорий, применяемых в гидродинамике.

Самый надежный метод предотвращения конвекции через крышу или наружную стену заключается в том, чтобы использовать воздухонепроницаемую конструкцию на внутренней части крыши или стены.



Когда имеются протечки в чердачных потолках или в однородной конструкции покрытия, конвекция может привести к проникновению нагретого, влажного воздуха через эту конструкцию и к образованию конденсата на нижней стороне крыши.

Влажность в здании

Влажность в здании – это избыточная вода, которая присутствует в материалах конструкции, когда они производятся и поставляются заказчику, а также появляется в период строительства. Эту воду необходимо высушить, пока уровень влажности в здании составляет равновесие с уровнем влажности в окружающей среде. Влажность в здании следует удалить до того, как будет установлен любой герметичный наружный слой.

Бетон и облегченный бетон - примеры материалов, которые содержат много воды и нуждаются в длительном времени осушки. Уровень влажности может быть уменьшен путем выбора материалов, которые обеспечивают низкое накопление влаги и высокую водонепроницаемость в течение периода строительства.

В случае чердачных потолков, изготовленных из бетона или облегченного бетона, необходимо гарантировать, чтобы сушка не проходила таким образом, что влажность будет подниматься вверх, в изоляцию крыши. Размещение полиэтиленовой пленки по потолку (материал, который должен быть высушен) означает, что влажный воздух, который выходит из материала, будет направляться вниз. Поверхностный материал на внутренней части должен быть тогда выбран из такого расчета, чтобы бетон или облегченный бетон имел возможность высохнуть.

Для некоторых типов конструкции крыш необходимо серьезно учитывать свойства влажности, например, когда не имеется никакой возможности высушить материал. Внутренняя влажность может также “мигрировать” различными способами между внутренней и внешней частями конструкции и, таким образом, вызывать повреждение самой конструкции.

Чувствительность материалов к влажности указывает, как она действует на них различными способами. Изготовители материалов часто указывают предельную величину RH показателя влажности для своих материалов.

В случае крыш и фасадов, деревянные и основанные на применении дерева материалы наиболее часто используются как подкладки или элементы конструкции, и они могут подвергаться неблагоприятному воздействию в случае высокого значения RH. Может быть множество важный значений влажности для одного и того же материала. В случае древесины порог относительной влажности для появления плесени составляет чуть больше 70%, в то время как порог допустимого расширения находится в пределах показателя RH, равного 60%.

Риск появления гнили и плесени в древесине

	Отсутствует	Небольшая, Умеренная	Большая
Гниль			
Относительная влажность RH, %	<16 <75	16-25 75-95	<25 <95
Плесень			
Относительная влажность RH, %	<15 <70	15-20 70-85	<25 <85

Перемещения и деформационные швы

При проектировании и производстве медных конструкций важно учитывать перемещения и возникающие напряжения - в материалах и кровли и фасада, а также между различными строительными материалами - которые проявляются в случае колебаний температуры.

Облицовка фасадов и кровельные покрытия могут быть подвержены значительным колебаниям температуры как в течение отдельных 24-часовых периодов, так и в течение календарного года. Важно знать это, чтобы можно было правильно проектировать деформационные швы и детали для кровли и стенных облицовок.

Все материалы как-то реагируют: они или дают усадку или расширяются при температурных изменениях. Необходимо учитывать коэффициент температурного расширения каждого материала, чтобы надежно определить степень такого изменения. Это выражается в виде перемещения, которое происходит в материале в случае изменения температуры на 1°C.

Продольное изменение Δl может быть описано с помощью следующей формулы (Формула 1):

$\Delta l = L \times \alpha \times (t_2 - t_1) = \Delta l = L \times \alpha \times \Delta t$

где:

L = Длина листа

α = Коэффициент температурного расширения

t_2 = Температура листовой конструкции, и

t_1 = Температура листа во время установки

Δt = Разность температур

Температура листа в действительно жаркий летний день может повышаться почти до + 75°C. Если температура составляла + 20°C во время установки листа, это означает, что медный лист длиной 15 метров может растянуться в продольном направлении на: $\Delta l = 15 \times 17 \times 10^{6} \times 55 = 0{,}0140$ м = 14,0 мм

Если температура листа в условиях сильного холода составляет - 25°C, это приведет к продольному сокращению листа, эквивалентному: $\Delta l = 15 \times 17 \times 10^{-6} \times 45 = 0{,}011$ м = 11,0 мм

Как можно видеть из приведенных примеров, температурные условия во время установки листа весьма важны для определения величины продольных изменений размеров листа. Это обеспечивает основу для определения степени перемещения, которое можно допустить путем введения деформационных швов и деталей так, чтобы никакое повреждение не было вызвано в защитном покрытии или в соединениях компонентов и материалов здания.

Облицовка фасадов и кровельные покрытия могут быть подвержены значительным колебаниям температуры. Медный лист длиной 1 м имеет тепловое расширение 1,7 мм при разнице температур, равной 100°C.

Материал	Коэффициент температурного расширения, в °C^{-1}	Коэффициент температурного расширения на метр при разности температур 100°C**of 100 °C**
Алюминий	23 x 10^{-6}	2,3 mm
Свинец	29 x 10^{-6}	2,9 mm
Медь	17 x 10^{-6}	1,7 mm
Латунь	19 x 10^{-6}	1,9 mm
Нелегированная сталь	12 x 10^{-6}	1,2 mm
Нержавеющая сталь	16 x 10^{-6}	1,6 mm
Титановый цинк	22 x 10^{-6}	2,2 mm

Таблица:
Коэффициент температурного расширения различных металлов. Указанные в таблице значения касаются температурного интервала, который может возникать на крышах и фасадах

Перемещения, которые могут происходить в листовой кровле, должны быть учтены при проектировании деталей, крепежных элементов и т.п. Важно также учитывать возможные перемещения в подстилающем слое кровли. В некоторых случаях перемещения в подстилающем слое кровли могут взаимодействовать с перемещениями в листовом покрытии. Это означает, что расчетные значения относятся к “безопасной стороне”. В некоторых случаях происходит перемещение подстилающего слоя, а не листового покрытия. Перемещения в деформационных швах каркаса являются примером этого явления. В некоторых случаях перемещения листового покрытия могут полностью зависеть от перемещений, которые происходят в каркасе, и конструкция листов поэтому должна быть спроектирована с учетом этих перемещений.

Многие различные факторы влияют на температуру

Крыши и фасады могут быть подвержены большим колебаниям температуры. Конкретные факторы включают:

- температуру воздуха
- интенсивность излучения солнца
- скорость ветра
- способность поверхности рассеивать тепло
- тепловое сопротивление и теплоемкость крыши/наружной стены.

При оценке самой большой возможной степени перемещения, длины листов и крепежных элементов наибольший интерес представляют экстремальные значения разности температур. Однако имеется большая вероятность усталости и повреждения, вызванного перемещением, даже если это перемещение будет незначительным, но происходит быстро и часто. Например, гроза в горячий летний день может привести к быстрому падению температуры листов от +75ºC до +15ºC.

Самые большие перепады температур в течение одного и того же 24-часового периода могут быть установлены в периоды ясной погоды с сильной солнечной радиацией в течение дня и интенсивным тепловыделением в ночное время. Самые большие перепады температур в течение коротких периодов происходят на рассвете или в сумраке, или в связи с дождем, снегом, дождем со снегом или градом. Самые низкие температуры наблюдаются в ясные ночи с высоким уровнем тепловыделения.

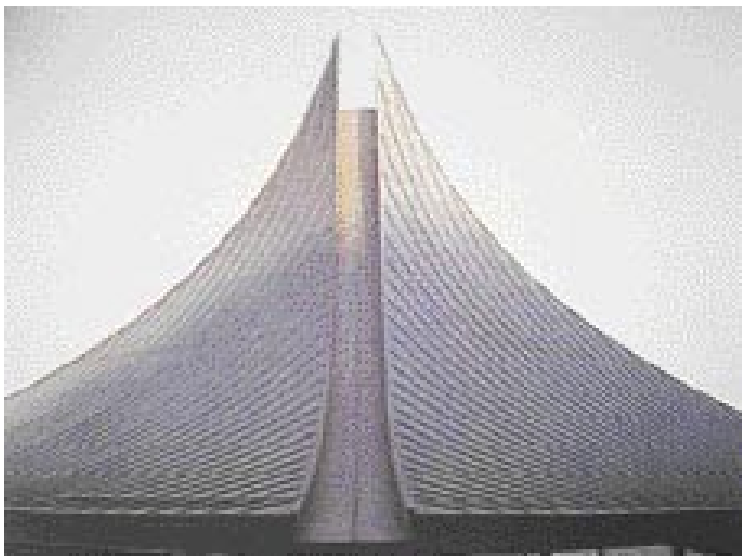
Самые высокие температуры на поверхностях крыши могут быть рассчитаны с помощью эквивалентной температуры:

$$T_l = T_I + m_u \times \alpha \times I$$

где:
T_l = Эквивалентная наружная температура (°C)
T_I = Температура воздуха (°C)
α = Коэффициент поглощения поверхности крыши
I = Полная солнечная радиация (Вт/м^2), и
m_u = Поверхностный коэффициент теплопередачи на поверхности (м^2 °C/Вт)

Приближенные значения коэффициентов поглощения некоторых из наиболее применяемых цветов и материалов компании

Цвет, поверхность	Коэффициент поглощения Новые материалы	Старые материалы
Серый, темный зеленый	*a* = 0,7	*a* = 0,7
Светлый	*a* = 0,4	*a* = 0,5
Темный, черный	*a* = 0,9	*a* = 0,9
Белый	*a* = 0,2	*a* = 0,4
Алюминиевое защитное покрытие	*a* = 0,25	*a* = 0,4 - 0,5
Медное защитное покрытие	*a* = 0,3 - 0,4	*a* = 0,9
Металлизированное защитное покрытие	*a* = 0,25	*a* = 0,6 - 0,8
Защитное покрытие из нержавеющей стали	*a* = 0,25	*a* = 0,4



Перемещения, которые могут происходить в листовом покрытии, должны быть учтены при проектировании.

В соответствии с уравнением, эквивалентная температура наружных поверхностей будет такой же самой, как и атмосферная температура, если подложный слой будет иметь бесконечно высокую теплоизоляцию. Однако этот показатель обычно используется как приближенная величина при расчете атмосферной температуры в таких контекстах.

Тепловое сопротивление поверхности m_u зависит, среди прочего, от скорости перемещения воздуха у поверхности. В случае защищенных секций используется коэффициент 0,07, в то время как в открытых положениях или при сильном ветре это значение может составлять 0,04 - 0,05.

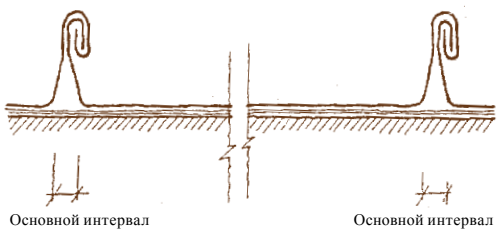
Цвет и структура материала – это факторы, которые влияют на температуру поверхности материала. Влияние этих характеристик на температуру материала (коэффициент поглощения) показано в предыдущей таблице.

Пример

В солнечный летний день интенсивность солнечной радиации может составлять более 1 000 Вт/м^2 на плоской металлической крыше. При температуре воздуха +28ºС и поверхности в виде листовой меди, где $\alpha = 0,9$ и тепловое сопротивление поверхности $m_u = 0,05$ м^2 ºС/Вт, эквивалентная температура, в соответствии с формулой 2, равняется приблизительно +75ºС. (Эта температура приблизительно на 10% ниже в случае фасонных поверхностей.)

Плоский листовой материал может поглощать тепловое перемещение поперек стоячих фальцев, при условии, что фальцы спроектированы с целью восприятия соответствующей величины расширения. В продольном направлении лист способен перемещаться свободно, если он присоединен с помощью скользящих зажимов и предусматривает некоторую степень перемещения в направлении обоих концов листа. Лежачий фальц используется поперек ширины листа. В случае покрытия из меди обычно используется двойной лежачий фальц, независимо от наклона крыши. Двойной лежачий фальц должен быть установлен так, чтобы обеспечивалась способность поглощения тепловых перемещений фальцевого соединения. Поэтому края защитного покрытия не достигают основания двойной складки этого фальца. В случае покрытия панельного покрытия обычно используется степень перемещения 1,5 - 2,0 мм в двойном лежачем фальце.

Когда пластины уложены под прямым углом друг к другу в случае полосового покрытия или двойного замкового панельного покрытия, важно иметь в виду то обстоятельство, что материал будет перемещаться в двух разных направлениях. Полосы и панели, изготовленные из плоского листового материала и уложенные без учета степени перемещения, окажутся сморщенными и вмятыми. Если перемещение такого материала повторяется, они приведут к образованию трещин в листовом покрытии.

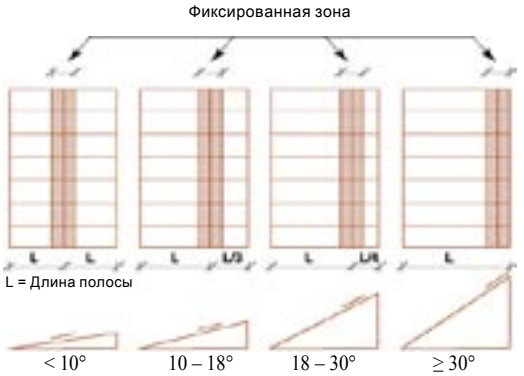


В случае сращенного (фальцованного) листового покрытия поперечные смещения поглощаются основным интервалом, который должен существовать между стоячими фальцами. Такой основной интервал также важен для того, чтобы минимизировать возможность подъема материала между фальцами. Несколько таких подъемов в конструкции могут стать одной из причин возникновения шума в металлической крыше.

Перемещения в подложном слое кровли или в каркасе

Перемещения в подложном слое кровли могут приводить к повреждению кровли/облицовки. Можно предотвратить появление такого повреждения путем укладки стойких к воздействию атмосферы матов и тканей на препятствиях и позволяя листовому покрытию перекрыть такие маты или ткани. Однако имеется одна область, в которой такой подход не пригоден - кромочные листы в соединении с водосточными желобами или желобами коробчатого профиля.

Деформационные швы в каркасе создаются для того, чтобы поглощать перемещения материала между различными частями конструкции. Эти соединения могут быть спроектированы с весьма большой степенью детализации и на основе ожидаемых перемещений в материале.



Расположение фиксированной зоны при различных уклонах ската крыши. В случае крыш с крутым скатом целесообразно разместить фиксированную зону у коньков крыш. Если фиксированная зона размещается посредине крыши, длина одной полосы может быть расположена вверх от фиксированной зоны, а длина другой полосы может быть расположена вниз от этой зоны. В случае листового покрытия из меди, это означает непрерывную полную длину полосы, равную 16 м. Фиксированная зона должна иметь длину от 2 до 3 м. Если полная длина полосы меньше 10 м, фиксированная зона должна иметь длину 1,5 м.

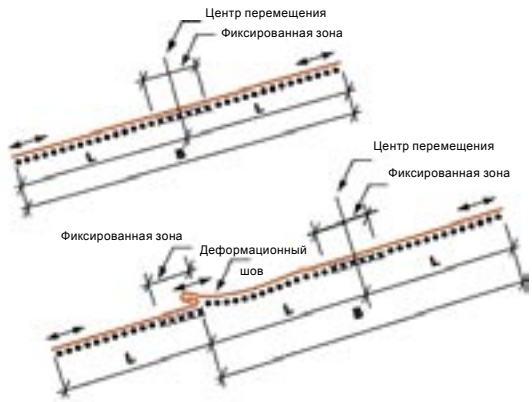
Фиксированные и подвижные зоны - длина полос

В случае полосового покрытия или длинных панельных покрытий с двойным замком, крепления и соединения к другим компонентам здания, а также свободные каналы должны быть спроектированы так, чтобы обеспечивалось ограничение их тепловых перемещений или чтобы эти перемещения поглощались без причинения повреждений.

Термин “длина самой длинной полосы” используется в этих контекстах, чтобы указать, какой длины могут быть полосы между деформационными швами в направлении наклона крыши. Приведенный здесь рядом рисунок показывает, что перемещения полос начинаются из центра перемещения или из фиксированной зоны.

Центр перемещения может быть помещен у карнизов, в середине крыши, в коньках крыш или у высокой стены. В случае крыш с крутыми скатами вообще рекомендуется, чтобы фиксированная зона была помещена у коньков крыш.

Фиксированная зона должна быть указана отчетливво на чертежах и в рабочих технических условиях, так как это - важный критерий, когда он касается определения размеров креплений и проектирования деталей. Предполагается, что в фиксированной зоне полосы будут зафиксированы в определенном положении деталями систем обеспечения безопасности крыши, вместе с сквозными соединениями или с аналогично используемыми фиксированными зажимами. Если полосы блокируются в положении, содержащем более одной точки на крыше, или если рекомендуемая длина полосы оказывается превышенной, деформационный шов должен быть помещен между этими точками.



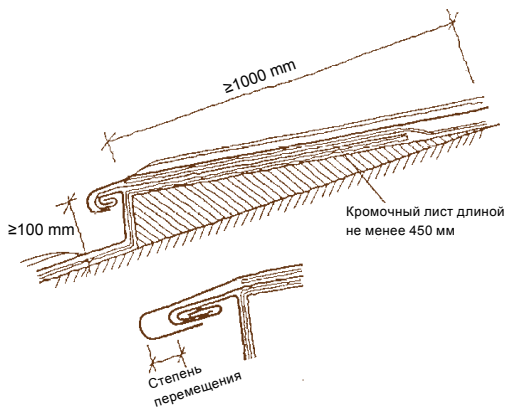
•	Зажимы скольжения
X	Фиксированные зажимы
↔	Перемещения в листового
L	Длина элементов полосы относительно центра перемещения в фиксированной зоне покрытия
B	Общая длина полосы

Фиксированные и подвижные зоны в полосовом покрытии или длинного двойного замкового панельного покрытия. Фиксированная зона и деформационный шов должен быть расположены в одном и том же месте вдоль крыши.

Рекомендуемая максимальная длина полосы - 8 м в случае листового медного покрытия. Скользящие зажимы с высокой степенью перемещения должны допускать использование длинных полос. Однако следует помнить, что с полосами, длина которых превышает 8 м, будет трудно обращаться.

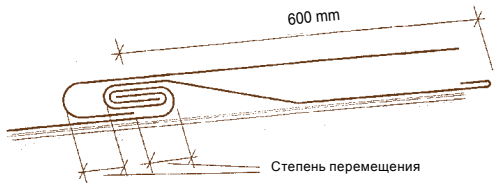
Деформационный шов может быть образован различными способами в зависимости от наклона крыши. При этом важно обратить внимание на требования плотного соединения, чтобы не допустить проникновения воды. Это означает, что деформационный шов должен быть приподнят или соединение должно использовать листовые кромки, чтобы обеспечить защиту от проникновения воды.

Деформационный шов с поднятым уклоном. Этот тип деформационного фальца должен применяться для крыш с небольшим скатом. Подъем шва означает, что вода должна подняться до уровня 100 мм, прежде чем она сможет проникнуть через это соединение.
Обратите внимание, что кромочный лист присоединяется к нижнему листу - который может представлять разжелобок (ендову) или кровлю - с помощью двойного фальца. Важно, чтобы никакие гвозди не проходили через кромочный лист, частично из-за того обстоятельства, что этот лист должен оставаться герметизированным, и частично из-за продольных перемещений, которые должны быть поглощены в случае применения разжелобков или аналогичных элементов.

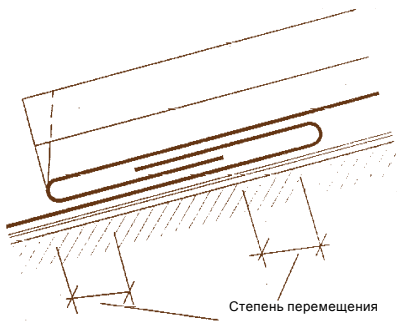


Это решение может применяться для крыш с чуть более крутыми скатами как альтернатива решению, примененному на рисунке выше. Кроме того, кромочный лист используется, при этом выборе, в соответствии с теми же самыми принципами, что и на рисунке, показанном выше.

В случае наклона крыш более 18° можно делать деформационный шов без изгиба конструкции. Этот деформационный шов может быть тогда создан на основе использования припаянных монтажных плит. Если даже наклон крыши будет более крутым (более 30°), деформационный шов может быть создан как увеличенный одинарный лежачий фальц.



Деформационный шов со сращенным кромочным листом. Этот метод используется, когда пайка не приемлема. Обратите внимание, что кромочный лист завершается капиллярным отверстием. Зажимы, которые разрешают перемещение в двух направлениях, могут быть установлены в этом капиллярном отверстии. Наклон крыши должен быть более 14°. Введение герметизирующей смазки в деформационный шов обеспечит защиту от проникновения воды.



Увеличенный одинарный лежачий фальц может применяться для крыш с крутыми скатами, где имеется небольшая вероятность проникновения воды. Наклон крыши должен быть больше 30°.

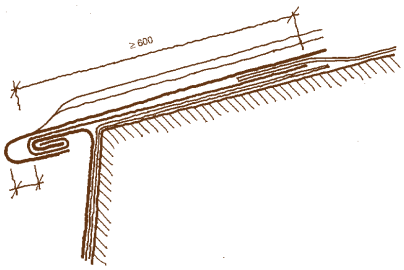
Деформационные швы в коньках крыш

Если фиксированная зона размещена таким образом, что перемещение должно проходить по коньку крыши или склону конька крыши, шов конька крыши должен быть приподнят и иметь основной интервал, который больше установленного стандартом шва. Высота отлогого конька крыши должна быть в три раза больше степени перемещения, которое должно быть поглощено. Однако отлогий конек всегда должен иметь высоту не менее 50 мм.

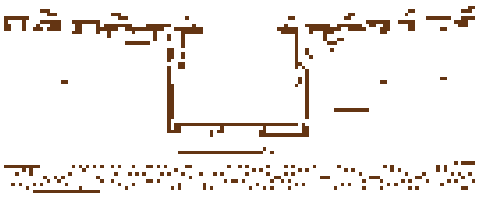
Деформационные швы в свесе крыш и кромках

Потребность в степени перемещения следует учитывать при подсоединении свободных кромок к свесу крыши, водосточным желобам, водосточным желобам коробчатого профиля или утопленным разжелобкам. Можно определить, какой должна быть степень перемещения, на основе учета длины полос и положения фиксированной зоны. При этом важно помнить, что перемещения в зоне разжелобка могут происходить под прямым углом к соединяющимся полосам. Поэтому важно иметь в виду оба требования относительно требуемого перемещения, а также требования к плотности соединения.

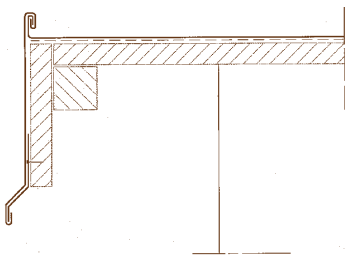
При завершении защитного листового покрытия у высоких стен необходимо также учитывать потребность в степени перемещения.



Завершение кровельного покрытия с учетом степени перемещения в сторону разжелобка. Помните, что нельзя пробивать какие-либо гвозди через кромочный лист, а следует закрепить такой лист в нужном положении, используя болты с крюком, чтобы не помешать его перемещению вдоль зоны разжелобка.



Завершение кровельного покрытия с учетом степени перемещения в сторону утопленного разжелобка. Пример показывает также, что дощатая обшивка в кромочном листе была размещена чуть ниже, чтобы компенсировать подъем уровня, который получился из-за кромочного листа, монтажной пластины и даже расположенного ниже строительного картона из органических волокон.



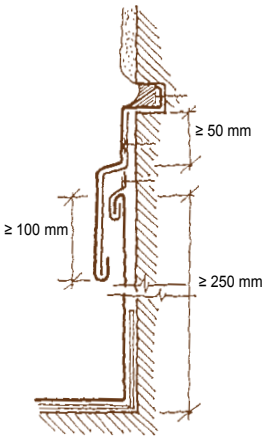
В случае подвесных пластин перемещения могут быть поглощены, если соединение произведено с помощью непрерывной монтажной пластины. Когда кровельное покрытие перемещается, подвесная пластина будет следовать за перемещениями, скользя вдоль монтажной пластины. Поэтому неправильно фиксировать подвесную пластину гвоздями в каком-либо положении.

Вертикальный отлив (фартук), расположенный параллельно области скатной крыши. Вертикальный отлив может свободно перемещаться относительно связующей стены, так как присоединен с помощью болтов с крюком. Профилированное покрытие защищает соединение.

Деформационные швы для связующих стен

Потребность в степени перемещения должна также учитываться при завершении защитного покрытия у высоких стен, коньков, поддерживающих конструкций и т.п. Это покрытие может быть изготовлено различными способами в зависимости от наклона крыши, используемого листового материала и вида изготовления связующих деталей.

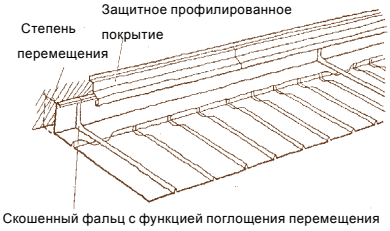
Вертикальный отлив, расположенный параллельно скату крыши, может иметь одинаковую длину с кровельным покрытием, когда он будет следовать за перемещениями этого покрытия. Обратите внимание, что вертикальный отлив не должен быть связан с находящимся ниже материалом, используя сквозные соединения.



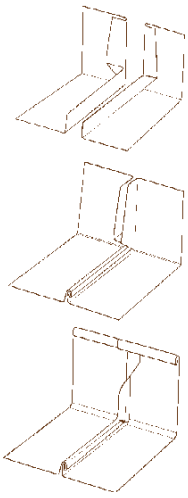
Вертикальный отлив (фартук), расположенный параллельно области скатной крыши. Перемещения между вертикальным отливом и облицовкой стены поглощаются швом, который сконструирован как одинарный лежачий фальц.

Альтернативный вариант вертикального отлива со скошенными фальцами предназначен для закрывания связующей стены ненарушенными стоячими фальцами. Это приведет к получению стоячих фальцев со складками, которые позволят поглощать перемещения по защитному покрытию таким же образом, как и в самом покрытии. Этот метод требует большой точности изготовления, так как в складках могут легко возникать зазоры.

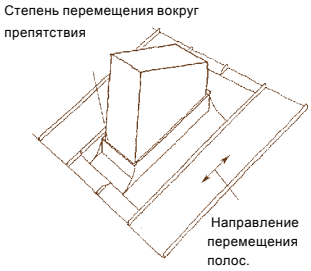
Другой вариант связан с изготовлением соединения с применением конструкции, которая действует примерно так же, как деформационный шов в кровле. Вертикальный отлив (фартук) может быть создан или в виде полосы или в виде двойных вертикальных швов, гибко связанных с высокой стеной, а также с находящейся под ними кровлей.



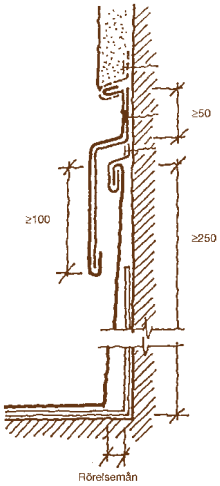
Вертикальный отлив, расположенный под прямым углом к области скатной крыши. Здесь должна быть предусмотрена степень перемещения - и в самом вертикальном отливе, и на связующей стене. Важно, чтобы вертикальный отлив не был слишком длинным и чтобы он был разделен с помощью скошенных фальцев, которые должны быть изготовлены в виде единой детали вместе с ближайшим стоячим фальцем.



Складка в стоячем фальце



Степень перемещения у препятствия. Потребность в учете степени перемещения, разумеется, зависит от того, где на скате крыши находится такое препятствие или такой проем.

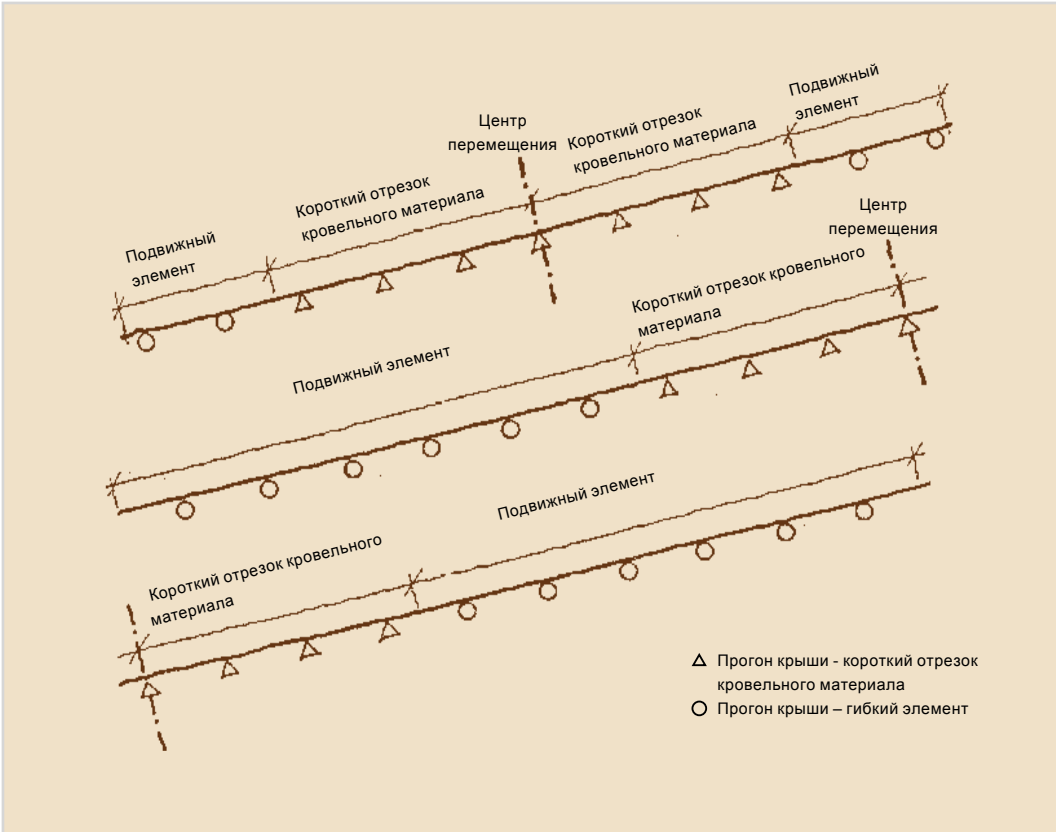


Степень перемещения
≥ 50 мм ≥ 100 мм ≥250 мм
Принцип обеспечения степени перемещения в направлении к высоким стенам или препятствиям, находящимся в области скатной крыши.

Деформационные швы у проемов

Потребность в степени перемещения также должна учитываться в зоне проемов, отливов труб, люков, слуховых окон, дымовых труб и т.д. Эта степень перемещения может быть определена в соответствии с принципами, описанными в предыдущем разделе. Важно, чтобы имелась достаточная степень перемещения как поперек, так и вдоль кровли, и чтобы изготовленные соединения не препятствовали перемещению.

Сквозные соединения могут препятствовать перемещению, если они будут размещены неправильно. Первоначально они могут привести к возникновению протечек через дыры, которые увеличиваются из-за перемещения материала. Это может быть показано, например, в средствах защиты крыши, использующих такие соединения. Поэтому целесообразно комбинировать этот вид средств защиты крыши с фиксированной зоной кровельного покрытия. Если антенны, подпорки и т.п. изделия будут установлены после того, как кровля была уже создана, их следует присоединять к фальцу, чтобы не перфорировать листы.



Длина непрерывного листа, подвижные и стыковые соединения в профилированном листовом покрытии.

Крепление направляющей конька крыш с фальцевым соединением, которое не препятствует перемещению кровельного покрытия. Имеется множество разных видов фальцевого соединения.

Деформационные швы в профилированном покрытии из меди

В случае кровельных покрытий или облицовки фасада с применением профилированной меди следует также учитывать перемещения, связанные с нагревом. Это относится не только к крепежу, но также, если применимо, к конечным устройствам и к деталям, рассмотренным в предыдущем разделе.

Стыковое соединение может применяться для присоединения профилированного медного покрытия, если длина непрерывного листа не превышает 3,5 м. Эта длина рассчитывается от центра перемещения, как показано на следующем рисунке. Длина непрерывного листа представляет расстояние между наиболее удаленными креплениями, перемещения которых могут быть поглощены без повреждения, вызываемого защитным покрытием.

Это может быть один лист или множество листов, которые соединены между собой в продольном направлении.

Центр перемещения - это точка в покрытии или облицовке, под прямым углом к длине листа, в которой никакое перемещение не происходит. Винт в основании профиля, прикрепленного к стальной балке, - один из примеров стыкового соединения.

Если длина непрерывного листа превышает 3,5 м, следует учитывать потребность в перемещении. Обычно это делается в соответствии с двумя принципами:

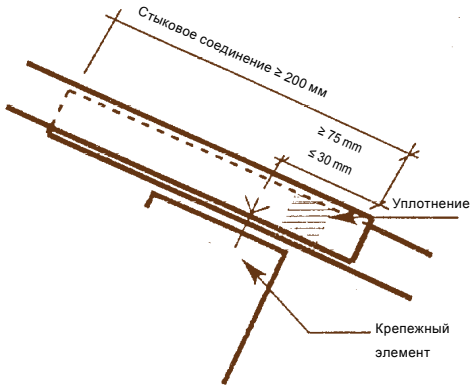
- гибкие прогоны крыш
- подвижные соединения внахлестку

Металлические профили Z-образного сечения или другие типы стальной балки - все это типы гибкого прогона крыш, которые следуют за тепловыми перемещениями профилированного листового покрытия. Следует помнить, что важно соблюдать инструкции изготовителя относительно использования типов балок, соединений и т.п. Также возможно, что гибкие прогоны крыш нужно будет сочетать с подвижными соединениями внахлестку, когда используются листы большой длины.

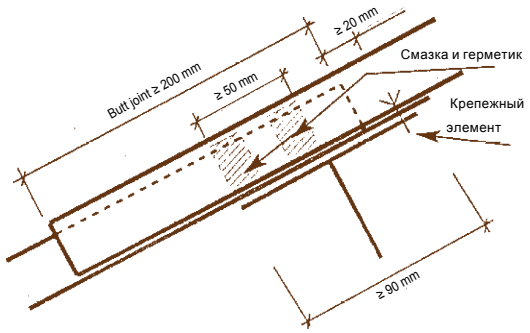
Как и в случае с кровлями, изготовленными из плоских листов, важно, чтобы центр перемещения, а также размещение как подвижных соединений внахлестку, так и стыковых соединений было указано в документации, или на чертежах или в описаниях.

Стыковые соединения и подвижные соединения внахлестку на крышах

Приведенные ниже два рисунка показывают различие между стыковыми соединениями и подвижными соединениями внахлестку на крышах. В случае крыш с малым наклоном может понадобиться увеличение только длины перекрытия, чтобы исключить возможность проникновения воды. Если кровельное покрытие должно быть произведено с некоторой степенью кривизны, то нужно будет также отметить, что следует использовать предварительно сформированное листовое покрытие. Если же такое заранее сформированное листовое покрытие не используется, может оказаться затруднительным получить необходимое перекрытие листов.



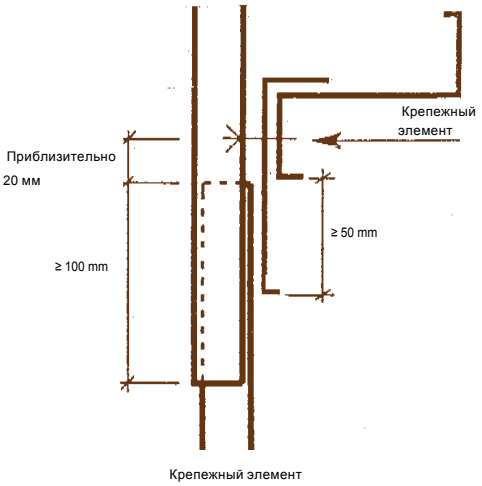
Стыковое соединение на крыше. Уплотнение всегда должно быть связано с соединением.



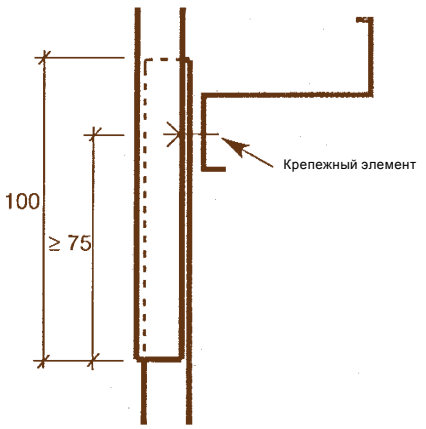
Подвижное соединение внахлестку на крыше. Обратите внимание, что в этом случае уплотнение должно быть произведено в два ряда. При использовании изолирующей смазки уплотнение действует так же, как смазка между листами.

Стыковые соединения и подвижные соединения внахлестку на стенах

Следующие два рисунка показывают различие между стыковыми соединениями и подвижными соединениями внахлестку на стенах. Эти соединения меньше, чем соединения, используемые на крышах. Никакие уплотнения не применяются.



Подвижное соединение внахлестку на стене. Обратите внимание, что прогон должен быть больше, чем в случае стыковых соединений.



Стыковое соединение на стене.

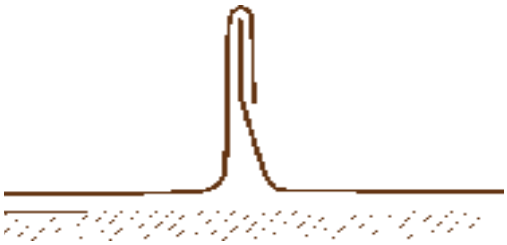
Отливы и профилированные изделия

Различные виды отливов (фартуков) и профилированных изделий могут быть видны на фасадах, коньках крыш и в поддерживающих их конструкциях; отливах окон, профилированных элементах фасадов и т.п. Если эти элементы имеют длину более 2 м, их, возможно, придется соединить между собой. Чаще всего применяются соединения, использующие, в зависимости от наклона отлива или профилированного изделия, одинарные лежачие фальцы или двойные лежачие фальцы. В некоторых случаях рекомендуется использовать фальцевые соединения или перекрытия (при соединении отливов).

Могут также потребоваться специальные деформационные швы для этих деталей, в зависимости от длины листов и конструкции фальца или соединения. Они необходимы, если стыковые соединения созданы с помощью клепаных или свинченных вместе перекрытий. Имеется множество разных методов конструирования соединений, позволяющих предотвратить повреждение кровли из-за воды, проникающей через них.

Один из методов заключается в создании соединения с концевыми, и верхними и стоячими фальцами, которые чуть выше обычных фальцев и имеют большие зажимы. Перемещения в этом случае поглощаются основным интервалом. Этот тип соединения может применяться для кромочных отливов окон и профилированных элементов фасада, тогда как другие соединения создаются с двойными лежачими фальцами. Если лист будет слишком толстым, что не позволяет создавать фальцевые швы, можно использовать соединения с гидроизолирующими уплотнительными лентами (как показано на рисунке) в качестве альтернативы концам с верхними фальцами. Когда используется этот тип соединения, целесообразно добавить уплотнительную ленту месте с уплотнениями и соединить ее со стеной позади таким образом, чтобы вода не могла проникнуть в нижнюю структуру.

В случае коньков с гидроизолирующей уплотнительной прокладкой можно создать деформационный шов как увеличенное перекрытие с капиллярными отверстиями. При таком размещении листы не нужно соединять вместе с помощью заклепок или винтов в перекрытии.



Конец с верхним фальцем.

Фальцевое соединение с уплотнительной лентой.

Соединение - край к краю с уплотнительной лентой. Такое размещение считается более предпочтительным, когда используется толстый листовой материал.

Увеличенное перекрытие с уплотнением и капиллярным отверстием.

Крепления и ветровые нагрузки

Здания в течение их срока службы подвергаются воздействию многих внешних нагрузок разного вида, и крепежные элементы часто являются наиболее уязвимой частью защитной оболочки здания, особенно в отношении коррозии.

Системы надежно работающих креплений должны также иметь достаточно высокую прочность и правильную эргономическую конструкцию. Крепежные элементы должны обеспечивать достаточный натяг и легко идентифицироваться.

Выбор крепежных элементов влияет на полную долговечность здания. Необходимо выполнить ряд требований, если мы хотим, чтобы эти элементы работали, как положено. Конечно, они должны выдерживать все ожидаемые нагрузки и значительные экологические воздействия, но они должны также предлагать наилучшие варианты фитинга.

Одно хорошее основное правило, которое следует применять ко всем методам присоединения, - это то, что долговечность крепежных элементов должна быть более высокой, чем у материала, который должен быть закреплен. Поэтому крепежные элементы, изготовленные из нержавеющей стали, всегда более предпочтительны для применения на открытом воздухе.

Основные требования, которые предъявляются к крепежным элементам в системах присоединения:

- необходимая прочность
- коррозионная стойкость
- непроницаемость для дождя, снега, дождя со снегом и града
- высокий уровень пригодности к монтажным работам (эргономичная конструкция и адаптируемость) и идентифицируемая маркировка.

В случае крепежных элементов, которые будут применяться на открытом воздухе, рекомендуется, чтобы они были изготовлены из нержавеющей стали.

Крепежные элементы, изготовленные из аустенитной нержавеющей стали марки EN 10 088-3.4301, рекомендуются для применения в средах, классифицированных по классу коррозионной активности C3 или C4. В случае крепежных элементов, которые нужно использовать в средах, классифицированных по классу коррозионной активности C5-I или C5-M, рекомендуется сталь марки EN 10 088-3-1.4436.

Прочность

В соединениях могут возникать нагрузки, которые могут привести к появлению трещин при неблагоприятных условиях (неправильное определение размеров или неправильный выбор крепежных элементов). Поэтому размеры соединения должны быть определены соответствующим образом и на основе учета потенциальной нагрузки, которая рассчитывается, исходя из реальных условий применения.
Критерии расчета и определяющие размеры крепежных элементов и привязывание их к различным базам и в комбинации друг с другом обычно задаются в инструкциях, выпущенных изготовителем таких элементов.

Герметичность

В настоящее время профилированное защитное покрытие крепится к крышам и фасадам главным образом в основании профиля, с использованием винтов и прокладок. Чрезвычайно важно проверить, чтобы прокладки были спроектированы правильно и изготовлены из надежного материала, чтобы гарантировать, что они не будут реагировать на воздействия перемещений в материале, вызванных колебаниями температуры, влажностью, ультрафиолетовым облучением, агрессивными загрязнениями воздуха, и так далее. Гибкие прокладки, изготовленные из вулканизированного каучука на основе сополимера этилена, пропилена и диенового мономера (EPDM), отвечают этим требованиям.

Маркировка

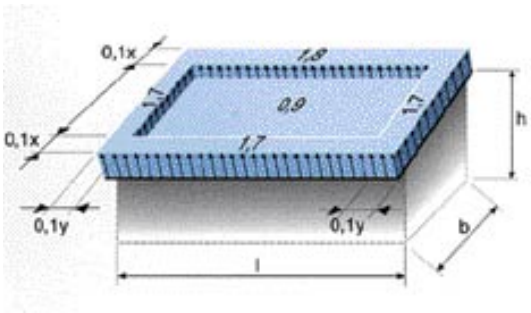
Необходимо иметь возможность идентифицировать все крепежные элементы относительно их изготовителя, качества и технических характеристик. Все крепежные элементы должны быть маркированы так, чтобы можно было проследить их происхождение.

Ветровые нагрузки

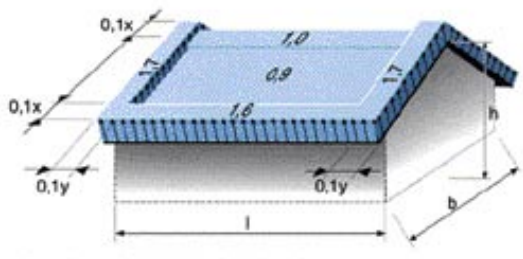
На крепежные элементы для крыши и стенных облицовок, изготовленных из листового металла, воздействует главным образом подсос, вызванный ветром. Величина ветровой нагрузки на конструкцию определяется высотой, архитектурой, составом материала, грунтовыми условиями и географическим местоположением здания.

- Воздействия ветровой нагрузки определяются различными коэффициентами формы (μ) и характеристическим значением скоростного напора ветра (qk).
- Коэффициент формы (μ) зависит от направления ветра и геометрической формы здания. Примеры коэффициентов формы крыши показаны на следующих рисунках.

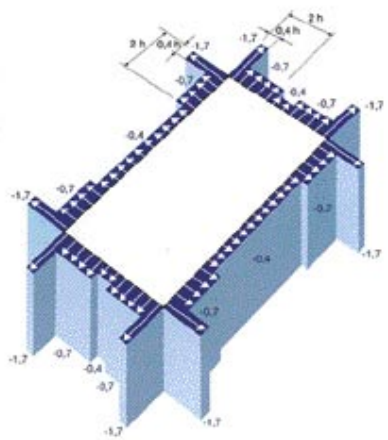
Значение скоростного напора ветра (qk) зависит от указанной скорости ветра (v_{ref})., типа грунта и высоты (h) здания. Примеры скоростного напора (qk) для грунта типа 1 приведены в таблице ниже.



x = минимальное значение l или 2h
y = минимальное значение b или 2h



Коэффициенты формы при максимальной ветровой нагрузке на облицовку (+ 30%) для скатной крыши и односкатной крыши с наклоном > 5°.



Коэффициенты формы при максимальной ветровой нагрузке на стены. Предполагается, что ширина и длина по меньшей мере в два раза превышают высоту конька крыш.

Высота (м)	21 м/с	22 м/с	23 м/с	24 м/с	25 м/с	26 м/с
2	0,48	0,52	0,57	0,62	0,68	0,73
4	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,88
8	0,68	0,74	0,81	0,88	0,96	1,04
12	0,74	0,81	0,89	0,97	1,05	1,13
16	0,79	0,86	0,94	1,03	1,11	1,21
20	0,82	0,90	0,99	1,08	1,17	1,26
25	0,86	0,95	1,03	1,13	1,22	1,32

В зонах, известных как краевые зоны здания вдоль внешних краев здания, ветровой подсос может быть в два - три раза больше, чем на внутренних поверхностях. Во внешних краях крыши ветровой подсос может быть в шесть - восемь раз больше, чем на внутренней части крыша.
Эффект всасывающей ветровой нагрузки на конструкцию рассчитывается для каждой зоны следующим образом:
$qd^3 = 1,3 \times \mu \times qk$ (кН/м^2),
где
qd = расчетное значение эффекта ветровой нагрузки
μ = коэффициент формы
1,3 = частный коэффициент для переменной нагрузки
qk^4 = величина ветрового напора

Рекомендации по креплению фальцованного листового покрытия с учетом ветровой нагрузки

Зажимы должны быть установлены с применением винтов. Обычно достаточно двух винтов на каждый зажим. Альтернативно, зажимы могут быть спроектированы и установлены по-другому, если это приводит к сопоставимой прочности крепления.

Норма для самого большого интервала между зажимами изменяется на всем протяжении Европы. В Швеции зажимы должны быть установлены на расстоянии друг от друга, не превышающем 450 мм по шву. Это расстояние основано на результатах проверок и опыта в случаев зажимов с применением гвоздей. Гвозди имеют меньшую удерживающую силу, чем винты, и вообще для каждого зажима требуются два гвоздя. Следует отметить, что удерживающая сила гвоздей уменьшается по мере высыхания древесины.

Исходя из того, что крепежные винтовые зажимы могут быть установлены дальше друг от друга, представляет интерес выяснить, можно ли увеличить пространство между зажимами без ухудшения жесткости и прочности фальца на изгиб.

В открытых зонах всегда следует проводить осмотр конструкции, главным образом крайних зон.

Рекомендация относительно расстояния между зажимами: винтовое крепление зажимов в древесной панели толщиной 23 мм

Критерии:

Расстояние между фальцами: 600 мм или 450 мм
Основание: Древесная панель толщиной 23 мм
Крепежные элементы:
Зажимный винт из нержавеющей стали, минимальные размеры 4,0 x 25 мм
Крыша:
Скатная крыша или односкатная крыша, наклон > 5º -30º
Зажимы: Прочность на разрыв > 1000 Н

С помощью указанных выше критериев, при известной конструктивной прочности винта с точки зрения его удерживающей силы, можно рассчитать прочность крепления листов в сравнении с всасывающей нагрузкой.

Пример 1

Кровля должна применяться в соответствии с принципом полосового покрытия для здания, расположенного в центре Стокгольма. Максимальная высота здания – 15 м, его ширина - 20 м, а длина также 20 м. Наклон крыши - 14º, и она имеет односкатную конструкцию. Основание для крепления – древесная панель толщиной 23 мм, лежащая под покрытием. Каждый зажим будет установлен с помощью зажимных винтов с размерами 4,0 x 25 мм.

Определение размеров: В соответствии с документом “Снег и ветровые нагрузки”, разработанным Национальным Шведским Советом по сооружениям, планированию и жилищному строительству, тип грунта в данном случае - IV, и заданная скорость ветра - 24 м/с. Это дает характеристический скоростной напор, равный 0,50 кН/м^2. Следовательно, эффект расчетной нагрузки всасывания будет соответствовать:

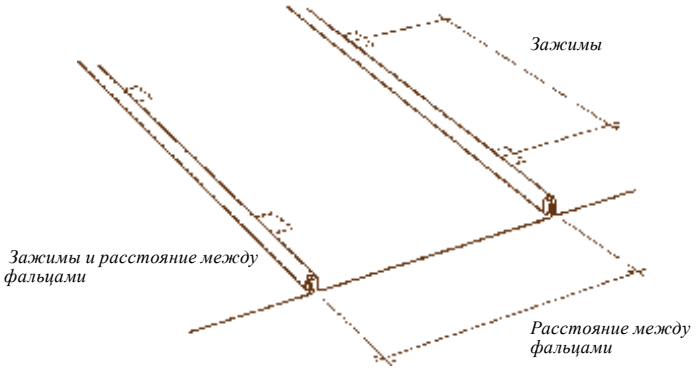
Краевая зона по карнизу:
$qd = 1,3 \times -1,7 \times 0,50 = -1,11$ кН/м^2

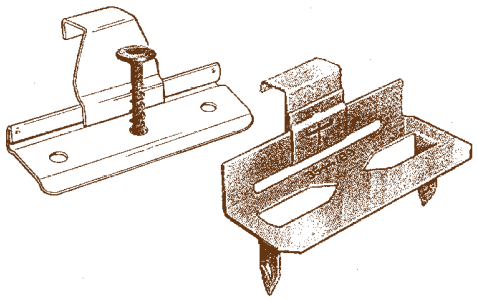
Краевая зона по стене фронтона:
$qd = 1,3 \times -1,5 \times 0,50 = -0,98$ кН/м^2

Краевая зона по коньку (высокая точка):
$qd = 1,3 \times -1,8 \times 0,50 = -1,17$ кН/м^2

Внутренняя зона крыши не требует проверки. Интервал между фальцами составляет 600 мм, и интервал между зажимами, равный 600 мм, может быть установлен для всей крыши.

Приведенная на этой странице таблица указывает прочность креплений при различных расстояниях между фальцами и расстояниях между зажимами. Если используются крепежные элементы, отличные от винтов с минимальными размерами 4,0 x 25 мм, подобные таблицы, разумеется, могут быть составлены и для них.





Зажим с винтом и зажим, предназначенный для пистолета для набивки крепежных элементов.

Расстояние между фальцами, фальц C	Расстояние между зажимами, зажим C	Местоположение	Прочность крепления конструкции при действии всасывающей нагрузки
600 мм	600 мм	Внутренняя зона	1,6 кН/м^2
600 мм	450 мм	Краевая зона	2,1 кН/м^2
450 мм	450 мм	Краевая зона	2,9 кН/м^2

И с к л ю ч е н и е : Конкретный расчет должен быть проведен для крыш с наклоном < 5°

Пример 2

Кровля должна применяться в соответствии с принципом полосового покрытия для здания в гавани в Гельсингборге. Максимальная высота здания – 40 м, его ширина – 30 м, длина – 40 м. Наклон крыши - 14°, и она имеет односкатную конструкцию. Каждый скат имеет размер 15,5 м. Основание для крепления – древесная панель толщиной 23 мм, лежащая под покрытием. Каждый зажим будет установлен с помощью зажимных винтов 4,0 x 25 мм.

Определение размеров: В соответствии с документом “Снег и ветровые нагрузки”, разработанным Национальным Шведским Советом по сооружениям, планированию и жилищному строительству, тип грунта в данном случае - I, и заданная скорость ветра - 26 м/с. Это дает характеристический скоростной напор, равный 1,45 кН/м^2. В этом случае результирующие нагрузки будут столь велики, что их стоит рассчитывать строго в соответствии с документом “Снег и ветровые нагрузки”. Коэффициент 1,30 должен быть дополнительно введен для крепления наружной облицовки.

Ожидаемый эффект:

Краевая зона на карнизах:
qd = 1,3 x -0,8 x 1,30 x 1,45 = -1,96 кН/м^2
Краевая зона на фронтонной стене:
qd = 1,3 x -1.2 x 1,30 x 1,45 = -2,94 кН/м^2
Краевая зона на коньке:
qd = 1,3 x -0,8 x 1,30 x 1,45 = -1,96 кН/м^2
Внутренняя зона
qd = 1,3x-0,6 x 1,45 = -1,13 кН/м^2

В соответствии с таблицей *Конструктивная прочность крепления при нагрузке всасывания* (страница 00), во внутренней зоне может применяться интервал между фальцами, равный 600 мм, и интервал между зажимами, тоже равный 600 мм. Интервал между фальцами в 600 мм и интервал между зажимами в 450 мм должны быть выбраны для зоны вдоль конька и фасада. Интервал между фальцами 450 мм и интервал между зажимами 450 мм должен применяться в краевой зоне на фронтонной стене. Размер краевых зон рассчитывается в соответствии с рекомендациями, приведенными в документе “Снег и ветровые нагрузки”.

Когда результаты упрощенного примера 1 превышают значения, указанные в таблице, следует провести более точное определение размеров в соответствии с инструкциями, приведенными в документе “Снег и ветровые нагрузки”.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРЫШИ

Piliscsaba,
Будапешт, Венгрия

Конструкция крыши

Наклон крыши

Наиболее важной задачей крыши была всегда защита всего, что находится под нею - здание, дом и люди - от дождя, снега, солнца, падающих предметов или неконтролируемого изменения тепла и холода, и так далее. Высокий уровень жизни, которым наслаждаются люди сегодня и который включает красивые здания и архитектурное очарование, делает все более и более важной защиту строительного материала, архитектурной красоты, технических решений и личного имущества от воздействий климата и погодных условий.

В последние годы все больше стали обращать внимание на эстетическую привлекательность зданий. Теперь мы следим также за архитектурной функцией. Форма и цвет крыши рассматриваются в совокупности с основным корпусом здания как единое целое. Вместе они должны соответствовать друг другу и производить красивое и глубокое впечатление о цельности и привлекательности всего здания.

Имеются конкретные традиции строительства зданий в каждой стране, которые основаны на учете и эстетических и практических соображений. Культурные характеристики - архитектура и выбор материалов - является факторами, достойными такого уважительного отношения. Их происхождение часто связано с естественным доступом к стройматериалам с исторической основой: превращение глины в кирпич, железа или меди - в листовой материал, сланца - в шифер для покрытия крыш, и так далее. Это явление привело к созданию богатого ассортимента форм крыши, различных, интересных и захватывающих воображение.

Какие технические, эстетические и экономические соображения следует принимать во внимание при проектировании крыши? Одна вещь, которая является весьма очевидной, это то, что каждое “нарушение” в форме колпаков над дымовыми трубами, слуховых окон, дверей или проемов делает крышу более дорогой при ее строительстве и более восприимчивой к разрушениям и повреждениям.

Крыша без посторонних предметов

Горизонтальные крыши и крыши со скатами внутрь не работают, как следует, в большинстве случаев или в большинстве видов климата. Вода имеет тенденцию создавать бассейны на плоских крышах или проникать между листами перекрытия. Чем больше будет наклон крыши, тем эффективнее слив воды с нее и “самоочистка” крыши. Однако крутые крыши, как правило, оказываются более дорогими с точки зрения строительства и технического обслуживания здания.

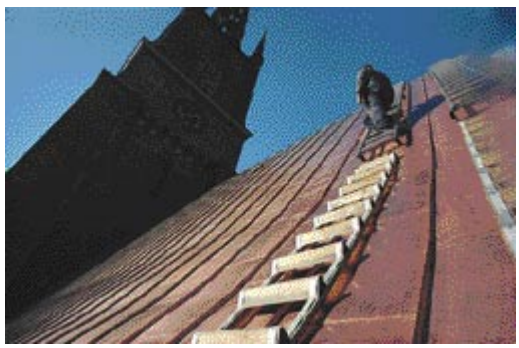
Наклон крыши указывается с применением следующей терминологии:

Горизонтальные крыши ...
наклон 0,0º-0,6º или 1:00-1:100

Плоские крыши ...
наклон 0,6 º –3,6 º или 1:100-1:16

Крыши с пологими скатами ...
наклон 3,6º –14,0º или 1:16 - 1:4

Крутые крыши ...
наклон > 14º или > 1:4



Крутая скатная крыша

Крыши со скатом более 1:4 - крутые скатные крыши

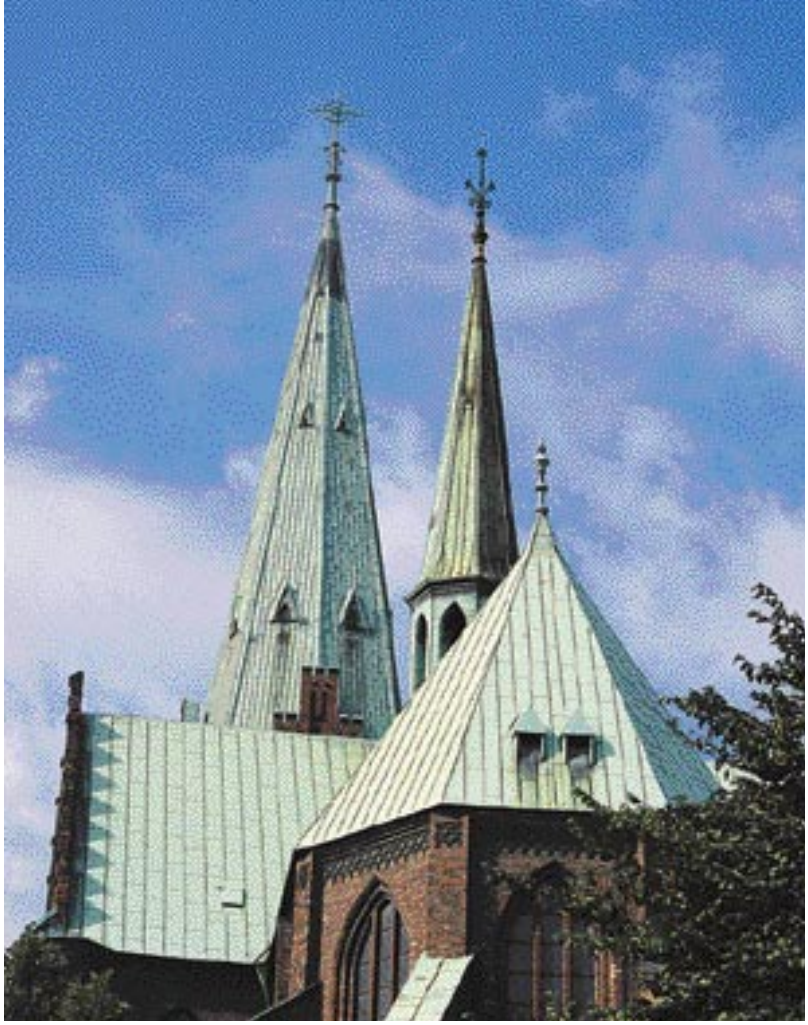
Чем больше крутизна ската крыши, тем, по всей вероятности, будет меньше проблем, например, со сливом с нее воды и со снеговыми нагрузками. Очень крутую крышу вряд ли нужно будет очищать вообще, если снег будет накапливаться на ней.

Однако может оказаться практически затруднительным находиться или работать на действительно крутой крыше, и может потребоваться возведение строительных лесов по всей области скатной крыши, от ее основания до конька, чтобы выполнить какую-либо работу. В случае наклона крыш под углом более 1:4 рабочие-кровельщики часто применяют то, что имеет название “дополнение к крутому скату”. Это крепление устанавливается в зависимости от степени риска возникновения внештатной ситуации, которая, в свою очередь, зависит от угла наклона рабочего места (крыши).

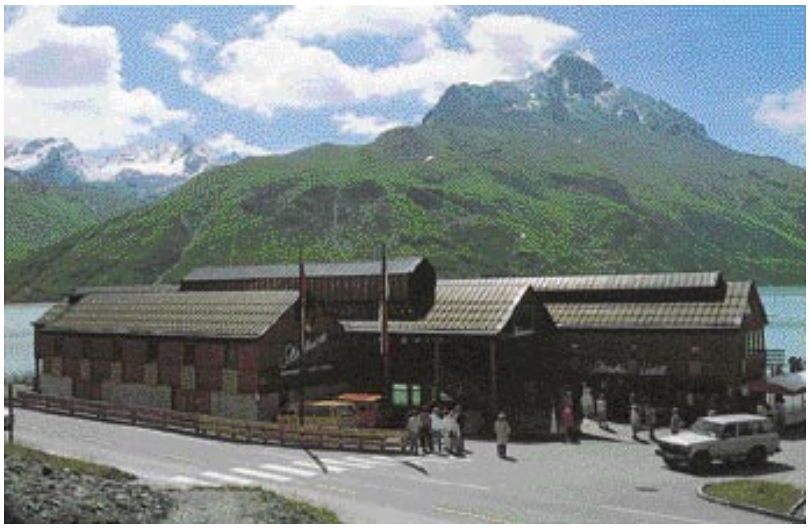
Затраты на жалованье рабочим, занятым традиционными кровельными работами, обычно составляют 30% - 40% от общей стоимости строительства крыши, включая стоимость материалов. Крыша с углом наклона 45º и с указанным “дополнением к крутому скату” при проведении кровельных работ требует дополнительных затрат порядка 9% - 12% по сравнению с менее крутой крышей. К этому необходимо также добавить затраты на возведение строительных лесов, принятие мер предосторожности, и так далее.

Наклон менее 1:4

Это - менее дорогой вариант строительства и обслуживания водонепроницаемого слоя в крыше с малым наклоном, чем в случае крыши с крутыми скатами. Однако, чем меньше наклон крыши, тем строже требования, связанные с плоским типом крыши и необходимостью предотвращения скопления воды на ней. Фактически, чем меньше крутизна крыши, тем больше вероятность совершения незначительных ошибок при создании водонепроницаемого слоя на ней, что допускает возникновение протечек в будущем.



Крутая скатная крыша



Защита от снежного оползня над входом

Размещение мест проникновения в крышу должно быть отмечено на плане

План кровельных покрытий

Детальный План кровельных покрытий должен обеспечить принятие оптимального решения относительно проведения кровельных работ. Термин “План кровельных покрытий” охватывает большое количество различных планов, которые должны быть подготовлены, такие, как план ветровой нагрузки, план нагрузки, план установки креплений, план водоотвода, план размещения отверстий для труб и кабелей, и так далее. Эти разные планы могут быть объединены различными способами. Весьма важно убедиться, во время планирования и конструирования, в том, что обеспечивается абсолютный контроль всех частей крыши.

Работа по плану установки креплений становится более легкой, если план ветровой нагрузки используется как исходная точка. Отметьте краевые зоны и с какой плотностью следует устанавливать кронштейны. В положениях, открытых для ветра, внешние панели и полосы могут быть изготовлены более узкими, чтобы увеличить плотность установки кронштейнов. Размещение любых фиксированных зон должно быть отмечено на плане установки креплений. Оборудование, устанавливаемое на постоянный срок (средства доступа и обеспечения безопасности), может быть скоординировано более легко с фиксированными зонами размещения листового металла. То же самое применяется по отношению к отверстиям для отливов труб, самих труб, электропроводки, и т.п., которые ограничивают степень перемещения листового металла определенным способом.

Устанавливаемые на крыше средства доступа и обеспечения безопасности не требуют фиксированных зон. Они имеют средства установки, которые следуют за перемещениями листового металла.

Сравнительно легко подготовить план размещения фальца, если план установки креплений используется как исходная точка. Наличие плана размещения фальца предлагает очевидные выгоды, в особенности в случае старых зданий и того, что известно, как “культурное наследие”. Это предоставляет мастеру возможность использовать, например, специальную структуру поверхности и характеристику образца панельного покрытия. Кроме того, это также позволяет легче избежать рискованных фальцевых соединений.

Использование плана крыши облегчает координирование расположения средств доступа и обеспечения безопасности рядом с выступающими секциями, проемами, каналами, которые подлежат очистке в соответствии с инструкциями, а также размещения дымовых труб. Использование плана крыши как исходной точки позволяет легче определить, например, стоит ли переместить дымовую трубу чуть-чуть в сторону или разместить рабочие мостки чуть ниже по скатну крыши. Легко определить, где должен быть размещен люк-лаз относительно средств, которые подлежат очистке в соответствии с инструкциями.

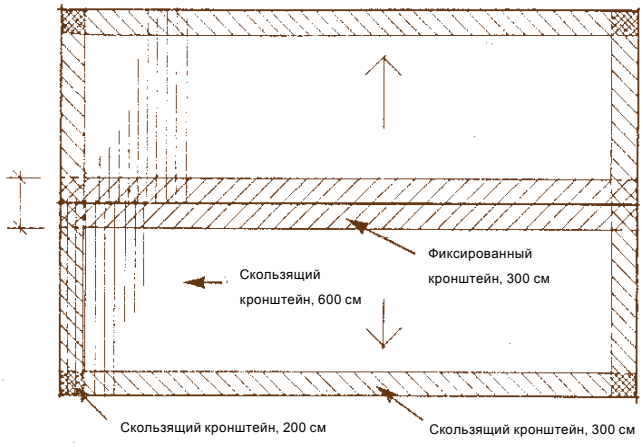
Использование плана крыши облегчает также принятие решения относительно наилучшего размещения мест стока воды, лотков и водосточных колодцев. На плане также можно увидеть, где имеется вероятность застоя воды, льда, грязи и так далее. В частности, пометьте поверхности с малым наклоном, например, места под слуховыми окнами, террасы и тому подобные места.

Избегайте слива воды с одной плоской поверхности на другую (более низкую) поверхность. Свободно падающая вода может вызвать коррозию или износ нижней крыши и обрызгивание фасадного материала. Вода должна сливаться и стекать с крыши вниз самым коротким и самым простым путем, и через водосточную трубу.

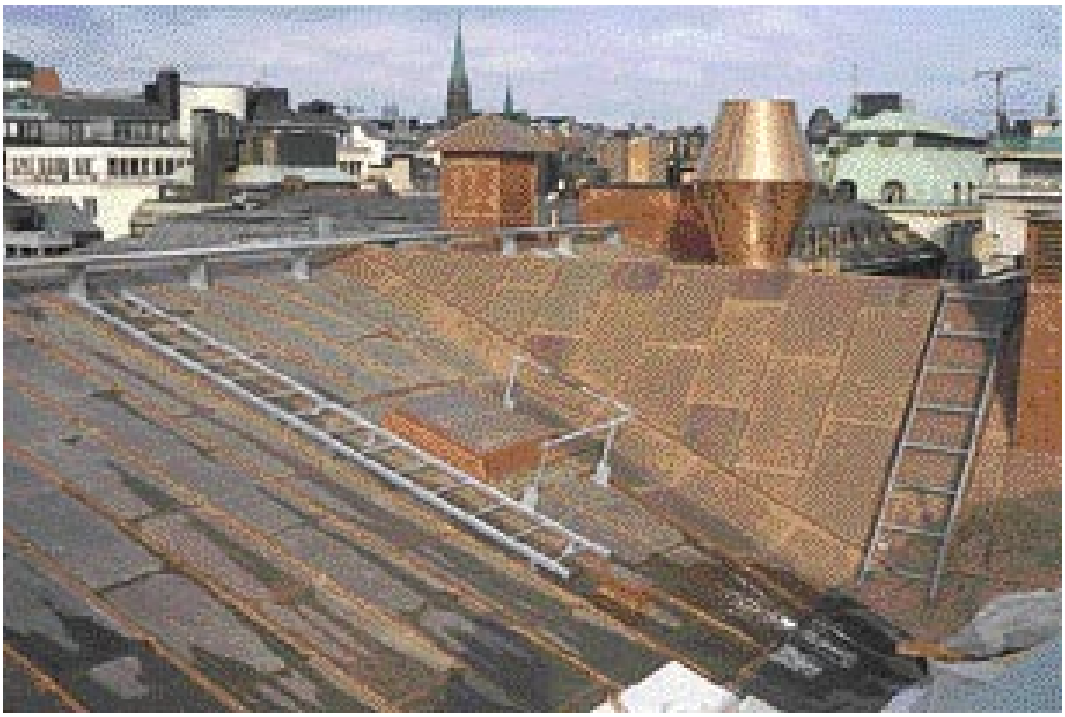
Выступающие предметы не должны быть помещены в лотках. Это наверняка может привести к появлению протечек.

Перемещения в материале

Листовой материал поглощает и тепло и холод. Он нагревается и остывает быстро и с готовностью, и поэтому он может нагреваться и остывать до температуры, которая сильно отличается от температуры материала, расположенного под листами. Этот фактор, совместно с коэффициентом расширения листового металла, может привести к большим нагрузкам между кровельной панелью и основным материалом крыши. При неправильном соединении перемещения, вызванные температурными изменениями, могут привести к усталости листового металла, в результате чего в нем образуются трещины.



План размещения креплений



Средства доступа и обеспечения безопасности

Водосточные желоба – превосходно служат направляющими для соскальзывания снега.

Конструктивные решения

Чтобы свести к минимуму ряд потенциальных рисков, следует очень тщательно рассмотреть, сколько же проемов в действительности требуется. Что касается их расположения, то можно ли какой-нибудь проем разместить на фасаде под свесом крыши? Можно ли ряд отливов труб объединить, чтобы сформировать одинарный отлив, или же они могут быть собраны вместе под одним колпаком?

Размещение проемов, отливов труб и т.п.

В процессе планирования и конструирования никогда не вредно посмотреть в будущее, установив на крыше, например, один или несколько трубопроводов для будущего использования. Может быть, целесообразно разместить их над входной шахтой здания.

Возможно, что впоследствии появится необходимость в изготовлении проемов для установки кабелей, антенн и т.п. элементов в кровле. Это может выглядеть неприглядным и небрежным, и это - также некоторый источник будущих проблем, проявляющихся в форме протечек.

Спутниковые антенны, мачты и системы охлаждения также часто устанавливаются на крыше зданий в режиме чрезвычайного события. Каждая крыша должна быть подготовлена и иметь постоянные места для установки креплений - на дымовых трубах, в проходах на крыше и т.п. - чтобы избежать такой установки объектов, которая неблагоприятно повлияет на техническое обслуживание и долговечность крыши. Это должно быть зарегистрировано в “досье здания” и содержать также инструкции относительно работ и технического обслуживания.

Проемы могут ограничивать перемещения листового металла. Поэтому они должны быть размещены как можно ближе к фиксированной зоне.

Размещение средств доступа и обеспечения безопасности

Постоянное крепление средств доступа и обеспечения безопасности часто приводит к блокировке листового материала в одном положении и, таким образом, формирует фиксированную зону. Можно использовать средства, конструкция которых допускает перемещения листового металла и позволяет избежать блокировки листового металла.

Размещение люков, дымовых труб и колпаков над дымовыми трубами

Все, что было сказано ранее относительно отливов труб и других проемов и их расположения относительно фиксированных зон, относится также к люкам на крыше, дымовым трубам и колпакам над дымовыми трубами. Эти элементы часто имеют большую ширину, чем панели или полосы, и вообще размещаются параллельно с крышей. Они могут вызвать формирование какого-либо “кармана”, в котором легко скапливаются вода, снег, лед и грязь. Один путь исключения этого - помимо использования разжелобков у дымовой трубы - заключается в том, чтобы разместить дымовую трубу (или люк, или колпаки над дымовыми трубами) в коньке. Кроме того, если объект размещается так, чтобы одна сторона его была заделана заподлицо с коньком, фальцевание становится более легким.

Колпаки над дымовыми трубами, отливы труб или другие объекты на крыше должны быть отделены друг от друга не менее чем на 400 мм, чтобы не ухудшить качество обработки листового металла. Стандартные панельные и полосовые покрытия должны иметь приблизительно 600 мм между фальцами. Если скошенный фальц должен быть сделан функциональным, расстояние до самого близкого фальцевого соединения должно быть не менее 200 мм.

Водосточные желоба и направляющие для соскальзывания снега

Водосточные желоба – это превосходные направляющие для соскальзывания снега. Они могут быть выше, чем 150 мм - обычно рекомендуемой их высоты.
Подвесные водосточные желоба значительно дешевле при установке и замене, чем другие средства водостока. При появлении протечки в подвесных желобах повреждение фасада не так обширно, как при использовании других видов водостока. Кроме того, место протечки в подвесных желобах также легче обнаружить.
Подвесной водосточный желоб в комбинации с направляющей карниза, как правило, более дорог в установке, чем какой-либо другой вид желоба. Если, с другой стороны, никакая направляющая карниза не требуется, подвесной желоб – это более дешевый выбор.
В настоящее время доступны средства защиты снежных оползней, которые крепятся к фальцам. Они имеют преимущество, заключающееся в том, что они следуют за перемещениями кровельной панели. В случае длинных зон скатной крыши такие средства защиты от снежных оползней могут быть необходимы также в средней зоне скатной крыши.

Башня в Варшаве

Церковь в Хельсинки.

Средства обеспечения безопасности на крыше

Большие требования предъявляются к средствам доступа и обеспечения безопасности на крыше в части регулярного ухода и целесообразного технического обслуживания крыш и сооружений. Поэтому имеется ряд стандартов, которые охватывают функциональные требования, методы тестирования, детали, размеры и отдельные компоненты.

Что касается средств обеспечения безопасности на крыше, чрезвычайно важно следить за установкой креплений. Они должны выдерживать конкретные нагрузки и в то же время иметь достаточную прочность, чтобы не допускать возможности протечек. Кроме того, материал не должен быть ослаблен коррозией. Этот последний пункт имеет особую важность в случае применения кровельной меди. Крепежный элемент должен быть изолирован от листового металла, для чего используется свинцовый лист толщиной 2 мм, позволяющий предотвратить электрохимическую коррозию. Крепление должно быть изготовлено из нержавеющей стали.

Факторы, которые влияют на потребность в средствах обеспечения безопасности на крыше

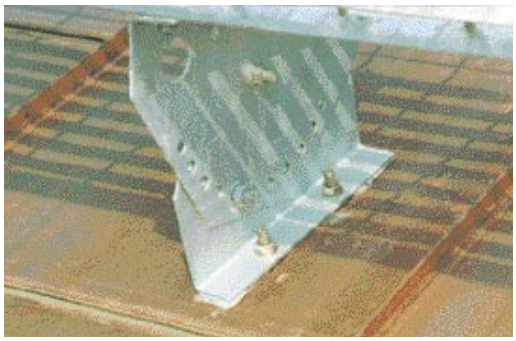
- Крыша требует непрерывного осмотра, независимо от ее водонепроницаемого слоя.
- Установки и сооружения на крышах должны быть доступны для ухода и технического обслуживания.
- Выпавший снег и обледенение могут привести к повреждению кровли, и поэтому необходимо чаще сбрасывать с нее снег.
- Крыши спроектированы так, чтобы они могли выдержать определенную снеговую нагрузку. Если эта нагрузка превышена, крышу следует очистить от снега.
- Может появиться необходимость в создании путей доступа к вентиляционным помещениям и к машинным лифтовым залам.
- В некоторых случаях может возникнуть необходимость в создании пути эвакуации людей по пожарной лестнице, ведущей к балкону, на уровне покрытия, через крышу и настенную лестницу, установленную на внешней стороне здания.
- Должно обеспечиваться требование доступа к дымовым трубам, которые содержат каналы, подлежащие очистке в соответствии с инструкцией.
- Могут также потребоваться постоянные пути доступа для сооружений, отличных от указанных в правилах, например, устанавливаемых на крыше радио- и ТВ - антенн, аэрационных отверстий, теплообменников и солнечных коллекторов, которые требуют регулярного осмотра и технического обслуживания.

Каждая крыша должна иметь необходимые технологические пути доступа и связующие пути к конькам крыши, дымовым трубам и аэрационным отверстиям. Крутые крыши должны быть оснащены рабочими мостками, направляющими карнизов или другими крепежными элементами типа болтов с проушинами или грузоподъемными крюками с предохранительной скобой, чтобы персонал мог передвигаться вверх, к которым можно было бы подсоединить тросы безопасности.

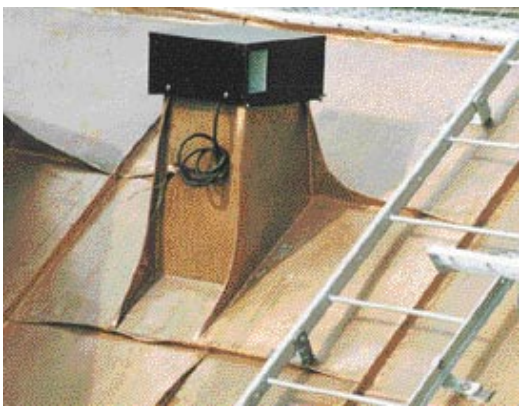
Детали обеспечения безопасности на крыше, предназначенные для использования на листовом медном покрытии, должны быть изготовлены из меди или нержавеющей стали.

Поручни на крыше, включая медные кронштейны, предназначенные для медных кровель, должны быть полностью изготовлены из того же самого материала, чтобы избежать электрохимической коррозии, которая в противном случае произошла бы при использовании “менее благородных” металлов.

Нержавеющая сталь рекомендуется для сквозных крепежных элементов, предназначенных для несущих нагрузку конструкций.



Крепление средств обеспечения безопасности на крыше с помощью болтов, изготовленных из нержавеющей стали и изолированных от кровли свинцовым листом.



Медный поручень на крыше.

Принципы кровельного покрытия крыши

Традиционное листовое покрытие.

Полосовое покрытие.

Медь легко подвергается формированию, что позволило следовать различным стилям и архитектурным особенностям зданий в различные времена. Прежде чем появились металлопрокатные станы, листовой материал изготовлялся вручную. Конечно, этот метод не позволял производить листовой металл больших размеров. В последней половине 18-го века начали появляться различные варианты метода прокатки. Однако кованый листовой материал все еще широко применялся в 19-м веке.

Методика соединения листового металла с помощью фальцевания также очень стара. Медные кровельные покрытия, которые были сращены в конце 17-го века, все еще существуют сегодня: крыша на соборе Хильдершайн - один из примеров этого. Однако, несмотря на появление металлопрокатных станов, формат листовых материалов все еще был ограниченным в течение длительного времени. Кованое листовое медное покрытие имело, как правило, размеры 450 x 950 мм или 450 x 570 мм.

Размер панелей увеличился через какое-то время, и с тех пор появился ряд конкретных стандартных форматов: 610 x 914 мм, 914 x 1 219 мм, 1 000 x 2 000 мм. В случае полос доминирующая ширина составляет 610 мм, 670 мм и 1 000 мм.

Традиционное листовое покрытие

Покрытие крыш листовым материалом с фальцевыми соединениями известно как традиционное покрытие. Фальцы известны как стоячие фальцы и поперечные фальцы.

Традиционное листовое покрытие имеет длинную историю и изготавливалось из кованых листов с давних времен. Сегодня традиционное покрытие используется главным образом на зданиях, где конструкторы хотят подчеркнуть характер крыши, или когда первоначальная архитектура должна быть сохранена и поддерживаться в хорошем состоянии. Вертикальные швы не только создают привлекательный вид, но и используются также для упрочнения. Это особенно выгодно в случае крыш, открытых действию ветра.Листовое медное покрытие всегда выполняется с двойным фальцем для обеспечения необходимой прочности, независимо от степени наклона крыши. Многие старые европейские здания, относящиеся к культурному наследию, имеют кровельные покрытия крыш из медных панелей. Панельные покрытия часто используются при расширении и ремонте таких старых зданий.

Указанное защитное покрытие предварительно изготавливается и часто объединяется в листы определенной длины в мастерских изготовления листовых материалов, прежде чем будут доставлены к строительному участку.

Полосовое покрытие

В настоящее время медь вообще производится и поставляется в виде полос. Они могут быть разрезаны для получения панелей любой длины. Это чаще всего применяется для медного покрытия, которое производится в виде длинных полос, идущих от конька крыш до карниза. Такие полосы соединяются на крыше вместе с помощью двойных стоячих фальцев.

Полосовое покрытие может обычно применяться на всех типах крыши. В случае полосового покрытия длина полос ограничивается потребностью в деформационных швах (см. раздел с названием Перемещения и деформационные швы на странице 63 в главе, озаглавленной Всепогодное укрытие здания). В случае сращенных фальцами крыш наклон крыши, в идеале, должен быть больше 1:10 (5,7°). В случае полной длины полос и когда крыша осушается через внешнюю систему водосточных желобов, а также когда не имеется никаких препятствий в форме люков на крыше или отливов труб, может быть достаточен уклон ската крыши, равный 1:16 (3,6°). Стандартная ширина полосы - 610 мм; что приводит к интервалу в 600 мм между соседними фальцами.

Полосовое покрытие часто экономически чуть выгоднее по сравнению с панельным покрытием вследствие того, что, как правило, его легче уложить.

Профилированные медные элементы

Профилированные медные элементы связываются между собой главным образом с помощью соединений внахлестку. Профильное покрытие крепится к строительным деталям винтами. Указанные медные элементы имеют различную форму и поставляются различной длины. Специально разработанные профильные системы для применения кровельной меди становятся все более обычными, как кровельные материалы для частных и общественных зданий. Эти системы допускают более или менее неограниченную длину панелей, так как соответствующие крепления разрешают перемещения в материале. Ограничения длины панелей скорее связаны с проблемами их транспортировки. Такая система может применяться на скатах крыши с наклоном примерно до 3°.

Плоские кровельные плитки

Покрытия, использующие небольшие предварительно изготовленные медные панели, известны как плоские кровельные плитки. Этот метод имеет давнюю историю: некоторые из таких покрытий первоначально изготавливались с одинарными лежачими фальцами. Если лежачий фальц используется и горизонтально и вертикально, формируется простое покрытие

с одинарным лежачим фальцем. Такие фальцы могут быть размещены также по диагонали.

Покрытие может быть уложено как горизонтально и вертикально, так и по диагонали. Этот метод используется главным образом для фасадов.

Отдельное соединение означает, что требуется уклон ската крыши не менее 35°, чтобы крыша имела достаточную водостойкость.

Фальцевание с применением профилей или обрешетины

Реализация:

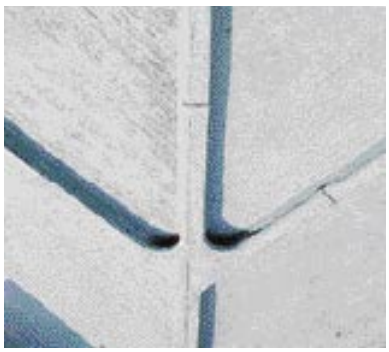
Фальц может быть усилен путем увеличения его высоты и ширины. Самый простой путь увеличения ширины фальца заключается в том, чтобы свернуть кровельную полосу (нащельник) вокруг кромок, которые загибаются и раскрываются. Для большей устойчивости фальц можно создать вместе с армирующим угловым плоским элементом. Другой путь заключается в том, чтобы создать фальц вокруг деревянной рейки. Если эта рейка треугольная или полукруглая по форме, формируется обычный стоячий фальц, возможно на ее стороне. Фальцевание с использованием полос с квадратным профилем может быть выполнено рядом способов. Тот метод, известный как немецкий, означает, что пластины укладываются на верхней стороне полосы и крепятся к листам, после чего нащельник, изготовленный из металла, укладывается и сращивается с помощью монтажных пластин и листового покрытия.

Применение:

Самый простой тип расширенного фальца не очень герметичен и не должен применяться для крыш с углом наклона менее 25°. Деревянные рейки обычно подразумевают увеличение высоты фальца, и это позволяет сделать его почти таким же герметичным, как отдельный стоячий фальц. При этом трудно, однако, сделать соединения с коньками или свесами крыши, если требуется высокая степень герметичности. В этом случае необходимо использовать пайку или сварку.

Полосы могут быть сращены и на крышах и на фасадах. Всегда можно разместить их по линии наклона. Если фальц должен быть помещен по диагонали или горизонтально, его следует развернуть так, чтобы никакая вода не могла проникнуть в него. Это может быть достигнуто применением треугольных или полукруглых полос.

Примеры плоских кровельных плиток.



Примеры обрешетины.

Боковые стороны листового металла, загнутые вверх и сращены друг с другом с применением металлической накладки.

Подложки

Плоский лист/полоса или гладкий лист, как его ещё называют, представляет собой тонкий материал, который требует устойчивого, фиксированного основания. Медное изделие, используемое для кровельных покрытий и стенных облицовок, - это мягкий, очень гибкий материал, который делает фальцевание простым и доступным фальцевание. В отличие от корытообразного листа, плоский лист не способен нести нагрузки. Вот почему нижний слой (подложка) под ним должен иметь прочность, компенсирующую этот недостаток. Требование прочности должно также распространяться на детали и соединения. Кроме того, важно, чтобы опора была плоской, так как неровные области могут быть легко замечены на законченном покрытии или облицовке.

При проектировании деталей и соединений, которые скрепляются с другими материалами, вся работа проводится вручную. При этом требуется устойчивая подложка.

Важно, чтобы подложка была плоской.

Неправильно вбитые толевые гвозди могут вылезать из древесины через какое-то время. Это – тот случай, который трудно предсказать и предотвратить, но он связан с видом подложки, условиями влажности, тепловыми перемещениями и размерами гвоздя.

Различные типы подложек

Фальцованное медное покрытие может быть, как правило, уложено на всех фиксированных подложках. Чаще всего применяемый вид подложки – это деревянная обшивка или фанера, покрытая рубероидом. Может применяться облегченный бетон. Однако листовое медное покрытие нельзя укладывать непосредственно на бетон. В случае коньков крыш, стен, художественного обрамления фасада и окон достаточно разравнивания строительного раствора для использования его в качестве основания. При некоторых условиях можно применять твердую минеральную вату. Крепления в бетоне – трудоемкая операция, так как требуется сверление и установка монтажных пробок. Такое же требование справедливо для стен, изготовленных из кирпича или известкового песчаника.

Что касается облицовки стен, потребность в покрытии фиксированного, устойчивого основания не так важна, как при укладке кровельного покрытия. Потребность в защите от конденсации нельзя игнорировать, но это, конечно, зависит скорее от формы и аэрационной способности конструкции здания.

Рубероид

Учитывая проблемы, которые могут возникать в случае неровностей на поверхности подложек, в последние несколько лет все больше рассматривается вопрос, как лучше всего закреплять рубероид под листовым металлом. В настоящее время для крепления рекомендуются только толевые гвозди, которые всегда следует забивать так, чтобы их не было видно в перекрытии. Это позволяет почти полностью избежать вероятности выталкивания головки гвозде вверх, в листовой металл.

Рубероид укладывается секциями, параллельно или под прямым углом к скатной области крыши. Соединения должны быть созданы с минимальным перекрытием 80 мм и всегда должны быть герметизированы, если секции идут в том же самом направлении, что и скатная область крыши.
Если наклон крыши меньше 1:3, соединения всегда должны быть герметизированы, независимо от способа укладки секций.

Нижний слой из шпунтованных деревянных панелей или фанеры

В случае подложки, изготовленной из древесины, очень важно, чтобы она была достаточной толщины, учитывала необходимость в установке креплений и обеспечивала достаточно твердое основание для последующего фальцевания. Толщина подложки зависит от величины прогонов на крыше, но опыт показал, что для кровельных покрытий с применением плоских листов также требуется толщина, указанная в следующей таблице.
Доски не должны скрепляться на одной и той же опоре: однако, две доски, расположенные на одной линии относительно друг друга, могут быть соединены таким образом. Между опорами может быть закреплена только каждая третья (не более) доска.

Подложка	Толщина в мм	
Фанера	Крыша	Стена
Шпунтованные	19	16
доскигrooved board	23	20

Рекомендуемая толщина деревянной опоры при прогоне, равном 1,2 м

Если на концах используется шпунтованная древесина, то каждая вторая доска может быть закреплена между опорами. Панели должны быть закреплены с помощью гвоздей, изготовленных методом горячего цинкования погружением.

Если вместо панелей в качестве опоры используется фанера, ее толщина должна выбираться так, чтобы нижний слой (подложка) был достаточно твердым, позволяющим фальцевать на нем листовой материал. Этот слой должен также обеспечить достаточную безопасность для устанавливаемых кронштейнов. Поэтому минимальная толщина нижнего слоя должна составлять 19 мм при расстоянии между опорами, равными 1,2 м.

Общие рекомендации для кронштейнов и крепежных элементов предполагают, что подложки изготовлены из деревянной панельной обшивки, толщина которой указана в следующей таблице.

Панели из фанеры должны быть закреплены с помощью шурупов, изготовленных методом горячего цинкования погружением, или криволинейными гвоздями в форме скобы. Рекомендуемое пространство между центрами гвоздей и пространство между рядами гвоздей указано в таблице *Крепление панелей из фанеры на крыше.*

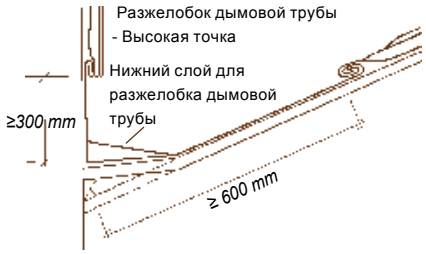
Пространство между центрами гвоздей или винтов, мм				Пространство между рядами гвоздей или винтов, мм
расстояние от краяв	кромочной зоне	на краюво	внутреннем ряду	
Равное толщине панели	> 100	> 150	> 150	> 1200

Крепление панелей из фанеры на крыше

В случае облицовки стены с применением плоской меди наружная обшивка каркаса стен используется вместе со шпунтованной доской или фанерой таким же образом, что и при кровельном покрытии. Поэтому толщина доски или фанеры должна быть такой же самой, но может применяться деревянная обшивка толщиной 20 мм или фанера толщиной 16 мм при интервале между балками 600 мм.

Разжелобки у дымовой трубы - наклон позади препятствий

Разжелобки (ендовы) у дымовой трубы на скате крыши необходимо использовать в случае всех препятствий на крыше, когда имеется вероятность скопления воды на кровле. С точки зрения технического обслуживания такие разжелобки должны быть установлены для всех существующих препятствий. Каркас, наружная обшивка каркаса или фанера часто требуются как подложка для тонколистового металла. В случае небольших препятствий разжелобок дымовой трубы может быть установлен непосредственно на листовом металле.

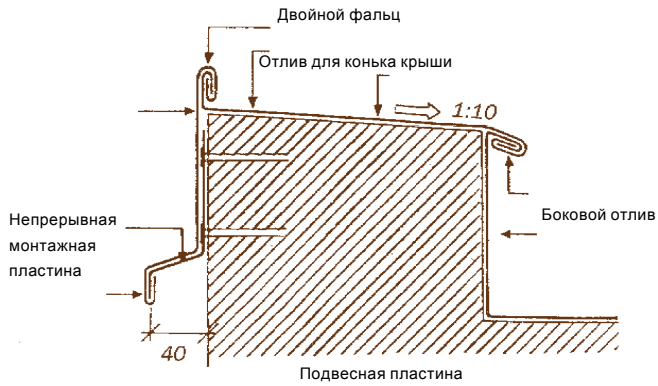


Дополнительные основания, которые иногда необходимы в случае установки разжелобков для дымовой трубы.

Разжелобок дымовой трубы гарантирует исключение скопления воды позади препятствия.

Опорные поверхности в месте установки деталей

Дополнительные подложки для отливов (фартуков) из тонколистового металла часто требуются вместе с деталями, соединениями и т.п. Их конструкция зависит от метода крепления и конструкции деталей. Коньки крыш и аналогичные препятствия должны иметь такой наклон, при котором не происходит скапливания воды.



Коньки крыш должны иметь фиксированную опору для отливов из тонколистового металла, чтобы их действие было эффективным. Важно закрепить листовой материал и, кроме того, обеспечить такой наклон, при котором вода могла бы стекать с конька. Наклон коньков крыш должен быть не менее 1:10.

Деревянные рамки желоба используются для желобов коробчатого профиля, простых желобов и утопленных разжелобков. Обычно они изготавливаются из пропитанной древесины, но это не обязательно, если конструкция допускает хорошую вентиляцию конструкции. Требуется такая опора (рамка), при которой вертикальные швы в пластине водосточного желоба могут быть соединены удовлетворительным образом.

В случае желобов коробчатого профиля и утопленных разжелобков каркасная рамка должна быть изготовлена из шпунтованной древесины толщиной не менее 30 мм. Такие водосточные желоба изготовляются с двойными “полами”, причем верхний пол имеет наклон.

Необходимо конструировать опору водосточного желоба для каждого отдельного случая, учитывая ожидаемую нагрузку, размеры желоба и т.д. Разжелобки всегда должны дополняться высококачественным водонепроницаемым слоем.

Медные водосточные желоба всегда производятся с деревянной рамкой.

Рамка для такого желоба обычно дополняется металлическим упрочнением в форме крюка кронштейна или традиционного опорного крюка в соответствии с формой водосточного желоба крыши. Иногда может также возникнуть необходимость в усилении опоры и следить за тем, чтобы и крюк и рамка были установлены достаточно прочно. Это необходимо учитывать и при планировании и при проектировании деталей. В случае длинных крутых областей скатной крыши может оказаться более целесообразным, в целях безопасности, закрепить крюки с помощью винтов, а также использовать стальной уголок на нижней стороне.

Опора для отлива края окна и профилированных элементов

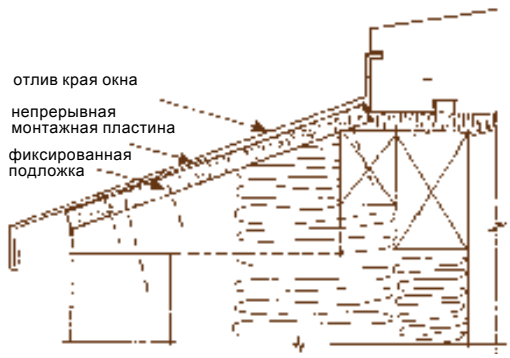
Имеются три главных метода крепления в случае свеса крыш:

- кронштейны с проволочной сеткой (в случае кирпичной кладки)
- монтажные пластины, или
- непрерывные монтажные пластины

Во всех этих случаях должна применяться подложка, которая допускает эффективный крепеж. Иногда отливы края окна подвержены большим нагрузкам, например, во время мойки окон. Это требует применения опоры: она должна быть достаточно устойчивой, чтобы не допустить сползания отлива (фартука) вниз при приложении к нему нагрузки.

Опора, которая допускает крепление отлива и профилированных элементов, включает:

- бетон
- полнотелый кирпич
- древесину

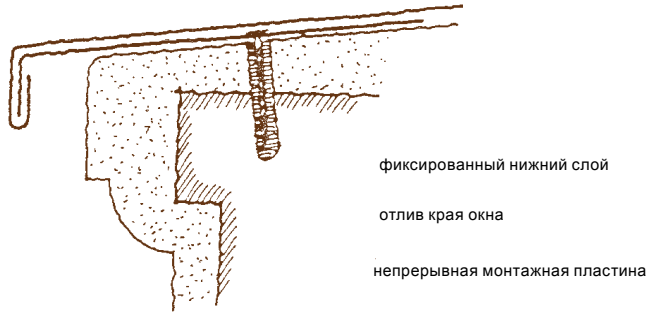


Крепление отлива края окна с применением монтажной пластины требует установки подложки, в которую можно вбивать гвозди или вворачивать шурупы.

В случае отливов края окна - независимо от того, является ли здание новым, расширенным или перестроенным - подложка во многих случаях состоит из пустотелых кирпичей или толстого слоя строительного раствора. В случае пустотелых кирпичей, например, места крепления могут заканчиваться прямо в середине пустот в кирпиче; в таком случае отлив подвергается действию нагрузки, строительный раствор и пробка могут оказаться свободными и само крепление может выйти наружу. С другой стороны, если места крепления заканчиваются между пустотами в кирпиче, существует вероятность разрушения кирпича. Лучшее место для установки крепежного элемента - это вертикальный слой строительного раствора, но иногда это может быть трудно осуществимым.

Известково-бетонный раствор и бетонный раствор имеют большую прочность, чем известковый раствор. Кирпичный ряд непосредственно под отливом должен быть в идеале изготовлен из сплошного кирпича. В случае толстого слоя строительного раствора крепежные элементы и пробки могут едва достигать кирпича, в результате чего получается слабое крепление. В случае оштукатуренных свесов крыш или профилированных элементов фасада, и крепежные элементы и пробки должны быть прочно закреплены в конструкции. Крепеж будет слишком слабым, если крепежные элементы будут находиться только в слое штукатурки.

Отливы края окна или профилированные элементы фасада, скрепленные только со штукатуркой на изоляционном материале, где не имеется никакого строительного раствора или иных фиксированных подложек, обычно должны быть прикреплены к оштукатуренной поверхности с помощью кронштейнов с проволочной сеткой. Этот метод предполагает использование изоляции фасада, где секция со скошенной гранью также усилена сеткой. В этом случае невозможно соединить фальцы, что означает, что профилированные элементы фасада могут быть неровными.



Крепежный элемент и пробка должны быть прочно закреплены в кирпиче в случае оштукатуренных свесов крыш.

Фиксация отлива края окна на фасаде, со штукатуркой на изоляционном материале. Такой отлив восприимчив к нагрузкам, и поэтому он должен быть ограничен длиной, при которой не нужно делать никакие соединения, или при которой соединения создаются как концы с верхними фальцами.

Опора с применением медного профиля

Профилированные медные элементы, а также большинство типов кассет, считаются более прочными, чем плоский лист, вследствие их конструктивного решения. Лучше всего крепить профилированное листовое покрытие на крышах или стенах к доскам или балкам, изготовленным из древесины. Это справедливо также по отношению к кассетам, подобранным для фасада. Это означает, что абсолютно плоская поверхность не требуется с точки зрения несущей способности. Однако для подложки важно, чтобы она была достаточно плоской и равномерной и следить за тем, чтобы поверхность тонколистового металла не была неровной или продавленной.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФАСАДОВ

Медные кассеты.
Трондхейм, Норвегия.

Проектирование фасада

Конструкция

Говорят, что фасад - это общественное лицо здания, фактор, который явно и незамедлительно сигнализирует о его существовании. Вот почему мы стараемся определить разумное основание, внутренний смысл здания - быстро, безоговорочно и вне всего сомнения.

Фасад – это также часть здания, которая определяет его характер, и это - причина, по которой всегда уделялось большое внимание и предпринимались большие усилия для создания совершенного по качеству фасада. Художественное оформление и украшение применялись во все времена. Многие древние здания дают примеры фантастических фризов, профилированных элементов, пилястр, маскарон и эркеров.

Многие из нас могут, вероятно, рассматривать облицованные металлом фасады как относительно современное явление. Однако имеется много примеров красивых фасадов этого типа, возникших еще в 18-м веке.

Длинная полоса.

Покрытое медью окно мансарды

В прежние времена размеры листовых покрытий были меньше, чем сейчас, и, как правило, эти листы были прибиты непосредственно к основанию и перекрывали друг друга. Меньшие секции, в частности, эркеры, были покрыты металлом именно таким образом.

Окончательная отделка поверхности фасада здания имеет две задачи: защищать здание и представлять его лицо внешнему миру. Это должен быть долговечный, защищенный от атмосферных воздействий герметичный слой; иначе говоря, поверхность, которая защищает здание от ветра и непогоды и в то же время проста в обслуживании. Если полная цель заключается в том, чтобы следить за экономичностью с точки зрения сбережения электроэнергии, то самый внешний слой фасада - панель фасада - должна быть объединена с эффективным, функциональным изоляционным материалом.

Во время этапа планирования и конструирования особое внимание следует уделять планированию всего того, что должно быть закреплено, включая все то, что, вероятно, придется крепить на фасаде: рекламные вывески, часы, пожарные лестницы, флагштоки и т.п. Все эти изделия требуют долговечного, прочного основания, если они должны оставаться в таком положении в течение продолжительного времени.

Большинство фасадов оснащены профилированными элементами и отливами той или иной формы. Основание всегда важно для крепления таких деталей и определяет, насколько надежно они прикреплены. Даже кажущиеся простыми детали часто нуждаются в устойчивом, жестком основании, чтобы оставаться в заданном положении. Если угловые оштукатуренные накладки, подвесные пластины и подобные детали должны быть установлены с применением скрытых крепежных элементов, для них должно быть подготовлено основание, которое позволяет сделать такую работу. Хорошее, устойчивое основание обеспечивает условия, необходимые для того, чтобы рабочий-металлист мог выполнить свою работу наилучшим способом.

Надежные, не поддающиеся коррозии, соединения следует применять всякий раз, когда необходимо закрепить какой-либо вид тонколистового металла. Когда такое соединение используется для закрепления профилированного листового покрытия, наиболее приемлемый выбор – это самонарезающие винты. Эти винты должны быть использованы в нижней части профиля.

Кассеты чаще всего устанавливаются с перекрытием. Крепежные элементы, таким образом, оказываются видимыми, как в случае с профилированным в разрезе защитным покрытием. Имеются также системы, которые включают профилированные и тому подобные элементы, допускающие применение скрытого крепежа.

Конструкция перекрытия может изменяться в зависимости от метода используемого крепления. Для обеспечения герметичного крепления рекомендуется, чтобы прокладки были изготовлены из хлоропренового каучука или каучука на основании сополимера этилена, пропилена и диенового мономера (EPDM).

Монтаж медных кассет

Фасад с двойным лежачим фальцем из меди.

Профилированный медный лист.

Фальцованное медное покрытие

Облицовка стены с использованием плоского медного покрытия применяется таким же образом, как и кровельное покрытие; то есть с применением стоячих и вертикальных фальцев. При нормальных условиях всегда используются двойные лежачие фальцы. Только на узких поверхностях или в хорошо защищенных областях можно рекомендовать одинарные лежачие фальцы. Они соединяются таким же образом, как и на крышах, то есть с применением зажимов. Если используется размер листа, который допускает большую ширину между стоячими фальцами, вертикальные швы также могут быть закреплены зажимами.

Как правило, облицовка связана с отливом на карнизном свесе или с профилированным изделием, и ее нижний край устроен так, чтобы капли воды не стекали на нижний лист поверхности. Облицовка может также быть связана с вертикальным отливом, который установлен под нижней поверхностью крыши.

В верхней части облицовка связана или с кровлей или с отливом для коньков крыш с помощью фальцевания или, в случае профилированного изделия, отлива или подобного элемента, - с использованием свеса крыши.

Кассеты

Кассеты (облицовочные секции), изготовленные из меди или из медных сплавов, используются в настоящее время все больше и больше. Их конструкции часто изготавливаются по специальному заказу и обычно составляются на основании консультации между архитектором и изготовителем кассет/поставщиком листов до создания каждой конкретной детали.

Кассеты, установленные вертикально, сохраняют, как правило, цвет в диапазоне от темно-коричневого до черного. Только когда поверхность подвергается воздействию влажности, на ней, в конечном счете, формируется зеленая патина.
По сравнению с кассетами из не медных сплавов кассеты, изготовленные из латуни - томпака – дольше сохраняют бронзовый цвет.

Кассеты, изготовленные из томпака - латуни, содержащей 80% меди и 20% цинка.

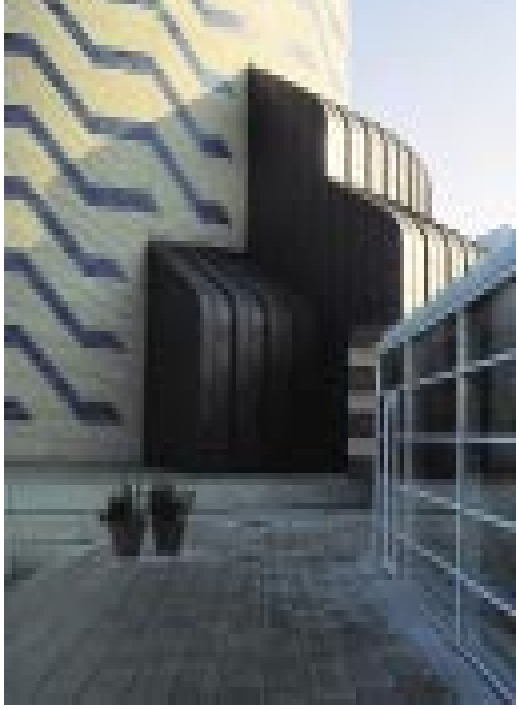
Кассеты из нелегированной меди.

Плоские кровельные плитки

Применение плоских кровельных плиток - старый метод, который был первоначально осуществлен с применением одинарных лежачих фальцев. Если один из фальцев используется и горизонтально и вертикально, формируется простое покрытие с одинарным фальцем. Фальцы также могут быть размещены по диагонали.

Плоские кровельные плитки больше всего напоминают малые кассеты. Размер таких кровельных плиток может изменяться в значительных пределах, особенно в случае применения зажимов и криволинейных медных гвоздей в форме скобы.

Принцип соединения связан с крутизной скатов крыши. Требуется наклон не менее 35°, если крыша должна в достаточной степени оставаться водонепроницаемой.



Плоское покрытие представляет хороший материал для изогнутых поверхностей.
Планетарий, Копенгаген.

Подложка

Фальцованная, облицованная медью стена с фасадным покрытием в форме полос или листов требует устойчивой подложки, как в случае традиционной медной кровли, и эта подложка должна быть способна выдержать отделку листов и допускать использование зажимов для крепления. Подложка должна быть изготовлена из шпунтованных досок толщиной 22 мм или из фанеры толщиной 19 мм. В случае желобообразных листов, панелей и кассет, технические требования к подложке остаются более или менее такими же.

Независимо от того, является ли здание новым или реконструированным, подложка должна быть ровной. Любая деформация поверхности в местах крепления постепенно станет очевидной даже для нетренированного глаза, особенно в отношении гладких поверхностей. В настоящее время доступны регулируемые металлические распорные детали, которые позволяют выставить просто и ровно даже старые, неровные поверхности.

Методы крепления, используемые для желобообразного листового покрытия, панелей и кассет, различаются. Концы профилей привинчиваются снаружи с использованием видимых крепежных элементов и непосредственно к металлическим прокладкам на несущей нагрузку конструкции. Как правило, панельные крепежные элементы – это полностью невидимые и пригнанные распорные детали, в то время как кассеты часто подвешиваются с помощью специально сконструированных скрытых кронштейнов.

Жесткость материала

Единственная вещь, которая укрепляет фальцованную облицовку стены в любой степени, - это сами фальцы. Так как фальцы могут быть легко согнуты, сформованы и загнуты, метод фальцевания рекомендуется к применению на изогнутых, вогнутых или выпуклых, поверхностях стен.

Одно из больших преимуществ такого профилированного листового покрытия - его жесткость в направлении изменения профиля. Можно использовать значительные пролеты, в зависимости от высоты профиля. Имеются пределы жесткости профилированного листового покрытия в направлении изменения профиля. Слишком большой интервал между точками крепления на профиле может приводить к нежелательным перемещениям и шуму покрытия.

Как в случае с профилированным листовым покрытием, панели имеют жесткость только по их длине. Максимальная ширина панели зависит от жесткости и толщины материала.

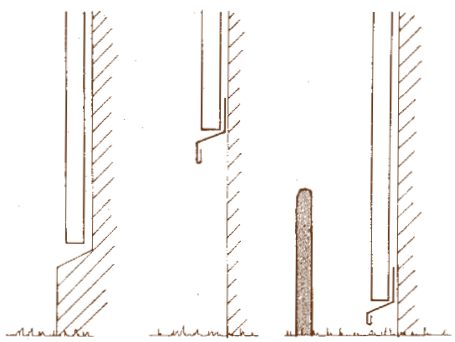
Твердость и толщина материала также определяют размер плоских обшивок. Профилированные формы или вертикальные швы обеспечивают дополнительную жесткость и могут приводить к изгибанию листового покрытия, если материал слишком тонок.

Медный лист Лист из латуни Толщина, мм	Ширина кассет, мм
1,0	200
1,0	300
1,0	400
1,0	500
1,5 - 2,0	600
1,5 - 2,0	700
1,5 - 2,0	800
1,5 - 2,0	900
1,5 - 2,0	1000
1,5 - 2,0	1100

Защита от повреждения

Следы механического повреждения покрытия, действительно, портят общее впечатление от здания. Такое повреждение чаще всего наблюдается на нулевой отметке.

Повреждения вследствие столкновений с покрытием можно избежать путем установки более высокого основания или повышенного защитного края. Если конструкция не позволяет осуществить такие решения, нижний лист должен быть быстрозаменяемым. Повреждение из-за столкновений может обычно происходить в зоне погрузочных платформ и подобных установок. Следует обращать внимание на высоту транспортных средств и узкие пространства. Защитите покрытие или предусмотрите его легкую замену.



Высокие или выступающие основания, или же повышенные кромки – все они будут обеспечивать защиту от повреждения в результате столкновений.

Чистый фасад

Все открытые поверхности собирают грязь. Преимущество гладкой листовой меди в этом отношении – то, что большая часть грязи “смывается” дождем. Пористые поверхности типа кирпича, штукатурки, дерева, рельефных металлических поверхностей или профилированных листов, установленных горизонтально, не смываются водой до такой же степени чистоты.

Независимо от конструкции поверхности, необходимо предпринять шаги, чтобы избежать воздействия на некоторые секции фасада большого, концентрированного, количества дождевой воды. В течение не очень продолжительного времени это может привести к тому, что поверхность фасада будет выглядеть неоднородной, пятнистой.

Количество воды, воздействующей на фасады во время дождя или снега, будет больше у основания, чем наверху. В случае высокой, ненарушенной облицовки фасада, очень большие количества воды могут воздействовать на нижние секции фасада. Чтобы предотвратить это, гладкие фасады могут быть “нарушены” путем помещения водоотталкивающих профилированных элементов вдоль них с определенным интервалом. В случае фасадов из тонколистового металла такие элементы представляются идеальным средством для объединения с деформационными швами фасада.

В месте, где встречаются верхние и нижние секции, дождевая вода должна сливаться так, чтобы предотвращалась возможность обесцвечивания поверхности облицовки.

Дождевые метки могут появляться под свесом крыш, балконов и других крупных отталкивающих капли дождя деталей здания; иначе говоря, на поверхностях, которые не омываются непосредственно дождем, так как никакой дождь не входит в контакт с ними. В сильно загрязненных средах с высоким уровнем влажности воздуха поверхностный слой в таких “меченых” секциях подвержен более быстрому разрушению, чем секции, которые регулярно омываются дождевой водой. Поэтому секции такого типа подлежат очистке, даже если другие части фасада не нужно мыть.

Влажность и конденсация

Влажность и конденсация могут формироваться на внутренней части поверхности фасада (обратная сторона листового покрытия). Конденсация или ее отсутствиенедостаток может зависеть от того, насколько эффективно работает влагонепроницаемый слой, и от того, как вентилируется фасад. Расположение здания и воздействия на него ветра и погодных условий также может играть определенную роль.

В открытых местах напор ветра может загонять воду вверх между перекрытиями листов и облицовки, если они не достаточно велики. Профилированное защитное покрытие, установленное горизонтально, не следует устанавливать с применением соединения внахлестку. Это облегчает проникновение воды между листами, и, кроме того, щели на уровне глаз имеют неприятный внешний вид. Вместо этого нужно применять соединения встык, используя пилястры или соединительные детали. Их следует снабдить капиллярными отверстиями.

Перемещения

Листовые покрытия перемещаются относительно подложек, и это необходимо учитывать при креплении листов в определенном положении. Необходимо помнить следующее: где и как такие перемещения будут поглощены? Где нужно размещать деформационные швы? Нужно ли применять специальное основание, или возможно крепление, позволяющее фиксировать кованые детали типа свеса крыш, вывесок или флагштоков, и имеется ли риск, который можно было бы устранить, при необходимости обеспечения свободного перемещения листов?

Степень перемещения материала зависит также от длины листов или панелей. Длинные листы легче монтировать с применением ограниченного числа соединений. Однако с действительно длинными листами трудно и неэкономично обращаться. Даже если облегченные стропила имеют большую гибкость, слишком длинные листы могут привести к расширению отверстий под крепежные винты из-за тепловых перемещений в материале.

Тепловые перемещения в медном покрытии следует принимать во внимание даже тогда, когда медь применяется вместе с другими материалами. Дефектные соединения на слое штукатурки могут легко привести к образованию трещин, формирующихся в штукатурном растворе. Длинные профилированные элементы фасада в комбинации со штукатуркой должны быть соединены с помощью фальцев. Соединения внахлест могут приводить к формированию трещин и поэтому не должны применяться как метод соединения в таких случаях.

Оконные рамы с облицовкой и отливами, изготовленными из металла и упруго “вставлены” в фасад, изготовленный из кирпича, могут легко выпучиваться наружу. Нужно предусмотреть допуск на степень перемещения, достаточную для устранения этого эффекта.

Проемы

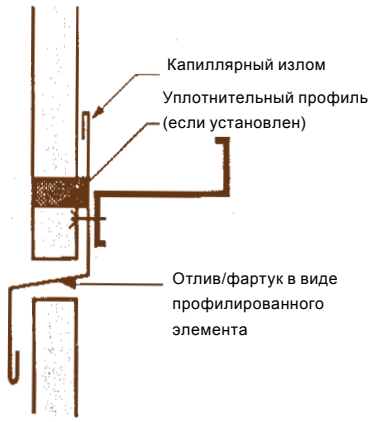
Изменения, сделанные на фасаде после окончания установки главного конструктивного элемента, никогда не приводят к особенно хорошему результату, так как они обычно нарушают или ухудшают общее впечатление от фасада. Вообще, отверстия, просверленные в фасаде для формирования вводов кабелей или труб, трудно сделать внешне чистыми и опрятными и упрятать на самом фасаде.

То же самое относится к решеткам вентиляционных отверстий, устанавливаемым после завершения главной части фасада. Поэтому превосходная идея заключается в том, чтобы всегда учитывать все проемы такого вида, как очевидные, так и те, которые могут понадобиться позднее, на этапе планирования и проектирования. Решетки вентиляционных отверстий должны быть размещены в связи с другими профилированным изделиями, например, с изделиями, оснащенными деформационными швами или профилированными отливами. Если вентиляционное оборудование не установлено для охлаждения в настоящее время, оно может потребоваться в некотором месте в будущем. Если фасад может быть подготовлен к установке дополнительных решеток аэрационных отверстий, или если необходимые для любых будущих потребностей решетки могут превышать предусмотренные размеры, такая подготовительная работа должна быть выполнена на этапе планирования и проектирования.

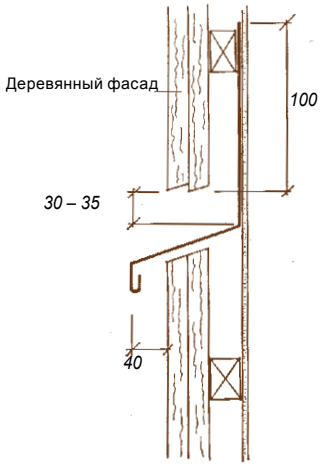
Рекомендуется также подготовка кабельных вводов для любых секций фасада, которые могут использоваться для установки оборудования, средств освещения или аналогичных целей.

Детали

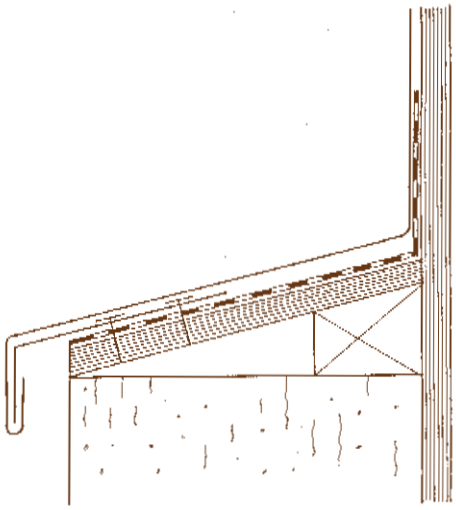
Отливы и профилированные элементы для слива воды должны иметь наклон не менее 1:8 (7,5°). В случае оштукатуренных фасадов или любого другого подобного материала отливы должны заканчиваться на расстоянии не менее 40 мм от поверхности фасада. С другой стороны, в случае фасадов, изготовленных из профилированного листового материала или любого другого водоотталкивающего материала, отлив должен заканчиваться как можно ближе к фасаду (10 мм) чтобы предотвратить появление поверхностных дефектов (пятен), возникающих вследствие действия дождя. Кроме того, отливы должны быть размещены на расстоянии не менее 100 мм от облицовки стены. При установке позади профилированного листового покрытия, кассет и подобных защитных элементов отливы следует снабдить капиллярными отверстиями, чтобы вода не могла подниматься вверх под напором ветра.



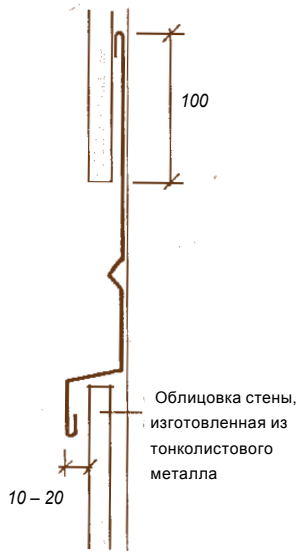
Отливы следует снабдить капиллярными изломами.



Щель не менее 35 мм важна для сохранения покраски текстуры на торце.



Основание имеет важное значение для получения окончательного результата.



Упрочнение широкого отлива.

Отливы, профилированные элементы и пластины должны иметь надлежащее основание и соединены с помощью монтажных пластин. Применения потайных заклепок следует избегать.

Воздушные зазоры также не должны быть слишком узкими.

Широкие оштукатуренные углы и оконные рамы могут быть усилены с помощью дополнительного соединения.

На рынке предлагается множество различных типов предварительно изготовленных систем
t

Дренаж крыши

Общие сведения

Для крыши требуется полностью оформленная система дренажа, с водосточными желобами и трубами необходимого размера, наряду с правильно размещенными водосточными колодцами и водосливами, чтобы обеспечить эффективную защиту крыши от дождя, снега, дождя со снегом и т.п.

Не менее важным для проектируемой системы дренажа крыши является обеспечение ее способности противостоять образованию льда. Как правило, внешние холодные водосточные колодцы достаточны на крутых крышах с холодной вентиляцией, чтобы выполнить эту функцию. Тёплые, не вентилируемые крыши нужно снабжать тёплыми водосточными колодцами. Плоские или имеющие малый наклон крыши - тёплые или холодные - должны быть оснащены тёплыми водосточными колодцами. Не является необычным применение комбинаций различных типов крыш, которые устанавливаются на одном и том же здании, что может иногда затруднить точное определение мест, где должна проходить граница между тёплой и холодной кровлей. Поэтому всегда целесообразно провести чрезвычайно точный расчет систем дренажа крыши, основанный на строгом учете каждой конкретной ситуации, связанной с видом крыши, чтобы получить оптимальное техническое решение.

Формирования льда в водосточных желобах и трубах можно часто избежать, если использовать греющий электрокабель. Основная причина формирования льда должна быть объяснена до того, как будет предпринято любое действие, противодействующее такому эффекту.

Система дренажа крыши может быть основана на применении наземных водосточных желобов и труб или утопленных, встроенных систем, или на комбинации указанных средств.

Следует помнить, что не только осушаемая область крыши является определяющим фактором при расчете диаметра водосточных желобов, труб и водосливов. Применение таких желобов часто блокируется, к примеру,
накоплением в них мусора, что также необходимо учитывать в расчетах.

Стандарты и правила определения размеров систем дренажа крыши иногда значительно различаются в разных странах и регионах. В этом случае рекомендуется, чтобы Вы проверили

национальные строительные нормы и правила, действующие в стране, в которой такая работа должна быть проведена.

Водосточные желоба

Водосточные желоба и системы труб должны отвечать требованиям стандартов EN612 и EN1462. Кроме того, водосточные желоба должны быть установлены с отбортованной передней кромкой и задней кромкой с открытым покрытием. Имеются много различных типов предварительно изготовленной системы на рынке, таких, как полукруглые и прямоугольные желоба, чаще всего длиной от трех до шести метров. Доступно также большое число заказных систем.

При изготовлении водосточных желобов, устанавливаемых таким образом, важно также, чтобы их передняя кромка была, по меньшей мере, на 8 мм ниже задней кромки. Кронштейны и выпускные отверстия желобов должны быть фальцованы и спаяны. Альтернативно, можно использовать предварительно изготовленные кронштейны желобов соответствующей прочности. Водосточные желоба нужно обеспечить герметичными концами.

Крепежные крюки для желобов могут быть изготовлены из меди сечением 6 x 30 мм или из нержавеющей стали сечением 5 x 25 мм. Спереди водосточные желоба присоединяются к крюку с помощью гайки и болта, а на задней кромке они закрепляются с помощью зажимов, изготовленных из металла средней твердости толщиной 0,7 мм. Концы болтов обрезаны и закреплены впотай гайками. Интервал между крюками желоба не должен превышать 600 мм. В случае желобов в открытых положениях - где имеется, например, основание полагать, что будут скапливаться большие количества снега - опорные крюки водосточного желоба должны быть установлены ближе друг к другу (например, 400 мм). Желоб должен быть установлен с наклоном не менее 5 мм/м. Установка системы водосточных желобов никогда не должна проводиться с обратным наклоном.

В случае кровельной меди, герметизированных матов, брезента и т.п. опорные крюки водосточного желоба должны быть загнуты вовнутрь до уровня основания и покрыты водонепроницаемым защитным слоем. В случае других кровель опорные крюки такого желоба могут быть помещены выше основания, но ниже рубероида, если таковой используется. Углубления в случае крюков желоба, установленных вертикально, не требуются.

В тех случаях, когда используется древесное основание, опорные крюки желоба должны быть заглублены в древесину не менее чем на 150 мм. В случае деревянных стропильных конструкций опорные крюки водосточного желоба должны быть установлены с применением двух 75-миллиметровых, не поддающихся коррозии, винтов. Коррозионностойкие винты длиной 35 мм используются для крепления опорных крюков желоба к дощатой обшивке крыши.

В тех случаях, когда используется облегченное бетонное или подобное основание, крюки водосточного желоба должны быть заглублены в него не менее чем на 300 мм, и они должны быть закреплены с помощью трех специальных винтов размером 6,0 x 80, изготовленных из нержавеющей стали и предназначенных для установки в легком бетоне. Крюки нельзя устанавливать на расстоянии менее 100 мм от карниза.

Вода вытекает из желоба через водяную воронку или через фланцевую воронку. На краю фланцевой воронки проделаны отверстия, причем проем должен быть не менее дренажной части воронки.

Во фланцевой воронке предусмотрена зона скольжения, допускающая перемещение из-за расширения уже установленного материала водосточного желоба. Деформационные швы размещаются в самом высоком месте между двумя выпускными отверстиями. В случае жестких креплений должны быть установлены соединения, которые абсорбируют перемещение, когда длина желоба составляет более 10 м.

Водосточные желоба, которые не могут быть установлены с полным наклоном, должны быть закреплены с применением монтажных соединений с перекрытием не менее 100 мм или с применением специальных стыковых накладок. В случае прямоугольных желобов соединения часто производятся путем фальцевания или пайки. Эти соединения должны быть жесткими.

Защитные отливы для желобов

Защитные отливы соединяются с помощью одинарных лежачих фальцев или фальцевых соединений и оснащаются необходимыми концевыми элементами. Для их крепления используются непрерывные монтажные пластины.

Кромочные листы

Крыши, завершаемые водосточными желобами, нужно обеспечить кромочным листом на свесе крыши. Кромочный лист направляет воду к желобу и кроме того предотвращает скопление воды и снега под ним. Такой лист должен быть изготовлен из меди средней твердости толщиной 0,7 мм, и не менее 150 мм его длины должны приходиться на контакт этого листа с крышей. Соединение производится с помощью одинарных лежачих фальцев или с перекрытием не менее 100 мм. Длина листов должна быть менее 2 000 мм. Кромочный лист крепится к основанию с применением криволинейных медных гвоздей в форме скобы, зигзагообразно, на расстоянии около 150 мм друг от друга. Везде, где существует вероятность эрозионной коррозии, может быть установлена изнашиваемая прокладка, изготовленная из меди средней твердости толщиной 0,7 мм. Прокладка соединяется с перекрытием и закрепляется таким образом, что может быть легко заменена, при необходимости.

Водосточные желоба коробчатого профиля

Рамы таких конструкций должны быть изготовлены из шпунтованных досок или эквивалентных материалов толщиной не менее 30 мм. Водосточные желоба создаются с двойным дном, причем верхнее дно скошено. Опорные крюки желоба должны быть подобраны для каждого отдельного случая.
Водосточные желоба коробчатого профиля устанавливаются с наклоном не менее 1:75. Передняя кромка такого желоба должна быть не менее чем на 50 мм ниже связующего фальца между пластинами желоба и кровлей. Концы желобов фальцованы и спаяны. Важно, чтобы кромочный лист имел ту же длину, что и пластина желоба. Следует применять отожженный металл толщиной 0,7 мм. Кромочный лист соединяется с помощью одинарного лежачего фальца.
Если имеется вероятность эрозионной коррозии, к этой структуре должна быть добавлена изнашиваемая прокладка. Такая прокладка крепится в соответствии с описанием, рассмотренным в предыдущем разделе относительно установки водосточных желобов.

Водосточные желоба

Для рам водосточных желобов используется древесная конструкция. В таком случае чрезвычайно важна установка опорных крюков кронштейна, и поэтому основание иногда необходимо усилить, чтобы получить хорошие результаты. В случае крыш с длинным, крутым наклоном, вместо средств усиления основания можно использовать болты с кронштейнами на нижней стороне. Край желоба должен быть высотой не менее 150 мм и иметь минимальный наклон 1:75. Желоб прикреплен к кровле с помощью двойного лежачего фальца.

Дерево используется в качестве рамы для водосточных желобов

Пример защитных отливов (водосточные желоба еще не установлены).

Утопленные разжелобки

Разжелобки

Разжелобки (ендовы) могут быть созданы с помощью пластин или полос. В любом случае водосточный желоб должен быть изготовлен из листовой меди толщиной 0,7 мм, и складка должна иметь длину порядка 450 мм при любом уклоне ската крыши. Разжелобок имеет двойной лежачий фальц.

Разжелобки - полосы

В случае длины наклона водосточного желоба менее 10 м такой желоб может быть изготовлен с использованием полос без вертикальных фальцев.

Наружные водосточные трубы

Водосточные трубы должны отвечать требованиям стандартов EN612 и EN1462.
На рынке существует много различных типов предварительно изготовленной водосточной системы, таких, как полукруглые и прямоугольные желоба, чаще всего длиной от трех до шести метров. Доступно также большое число заказных систем.
Водосточные трубы крепятся с помощью соединительных втулок с максимальным интервалом между точками крепления, равным 2 000 мм (всегда нужно использовать, по меньшей мере, две соединительные втулки). Соединение производится с помощью втулки или вставного крепежного элемента с коническим концом, в частности элементов соединения, или путем фальцевания и пайки. Продольные соединения должны быть скреплены с использованием одинарного лежачего фальца плюс пайки, или с помощью двойного лежачего фальца. Повреждение вследствие действия влажности может быть предотвращено путем отклонения продольных соединений от фасада, если он облицован влагопоглощающим материалом. Водосточные трубы должны быть установлены с взаимным интервалом не более 20 м (длина наклона желоба 10 м).
Порядок установки внутренних водосточных труб не является предметом обсуждения в данном разделе вследствие того, что такая установка обычно рассматривается как часть работы по установке средств отопления, вентиляции и санитарно-технического оборудования.

Соединения

При подсоединении системы дренажа крыши к водосточным трубам ее следует оснастить сетчатым фильтром или каким-либо иным видом устройства очистки, соответствующего этой цели. Такой фильтр должен быть легкосъемным. Водосточные трубы, которые не связаны с трубами для спуска дождевой воды, должны быть оснащены отводом дождевой воды, устанавливаемым в основании трубы.

Водосточный желоб для спуска воды к внешним водосточным трубам

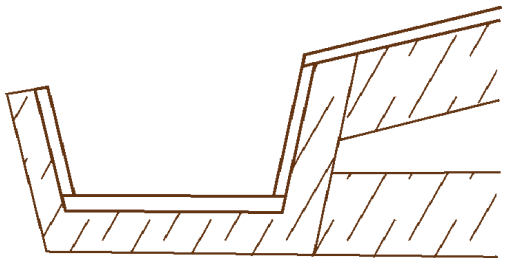
Водяные воронки крепятся на краю желоба с использованием двухэлементной проволоки диаметром не менее 1 мм. Проволока изготовлена из нержавеющей стали в соответствии со стандартом EN10088-3-1.4436. Дренажная часть водосточного желоба имеет коническую или цилиндрическую форму и закрепляется с помощью фальцевания и пайки.

Водосточные воронки в крыше, передающие воду к внутренним водосточным трубам

Такие водосточные воронки в крыше имеют коническую или полусферическую форму, закрепляются с помощью твердого припоя или сварки, и с применением фальцованных соединений с пластинами желоба или фланцев. Соединения с фланцевыми листами должны быть фальцованы и спаяны или приварены. Такие соединения должны быть жесткими, а выпускное отверстие оснащено сменным сетчатым фильтром.

Водосливы

В случае внутреннего дренажа крыши важно спланировать установку водосливов в позициях, где в водосточных трубах может происходить блокировка потока воды. Использование большего количества водосточных колодцев для замены потребного числа водосливов не допускается. Водосливы должны иметь размеры, позволяющие им справиться с трехкратным максимальным прогнозируемым количеством воды. Они должны быть связаны с пластинами желоба с помощью фальцевания и пайки, или сварки.



Желоб коробчатого профиля

РЕШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ДЛЯ ЛИСТОВОЙ МЕДИ

Кафедральный собор в
Хельсинки Финляндия

Отдельные детали

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

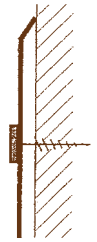
Все профессиональные сообщества и их подразделения применяют свои собственные технические термины и специальные выражения. Это наблюдается также и в сфере применения тонколистового металла.

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

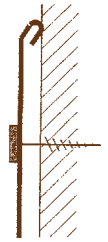
Свободные кромки

Отбортованный край

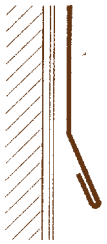
Двойная кромка



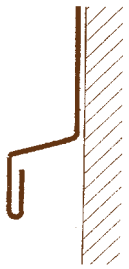
Слив, закрепленный на лицевой поверхности



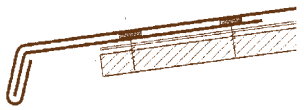
Угловой порог для слива, с отбортованным краем, с закреплением на лицевой поверхности



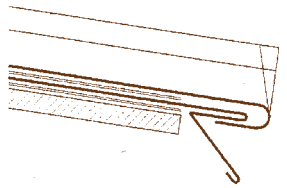
Слив



Слив

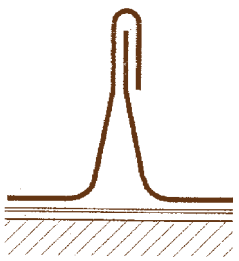


Традиционная деталь карниза

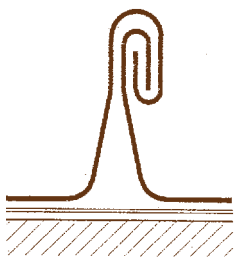


Деталь карниза с длинной рейкой

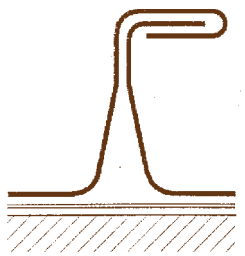
Соединительные детали



Одинарный лежачий фальц



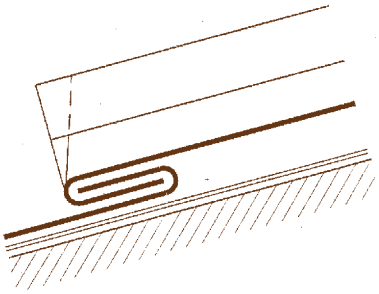
Двойной лежачий фальц



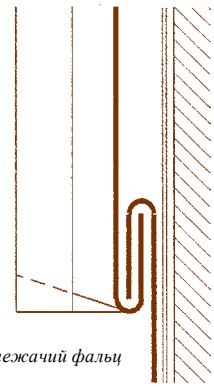
Угловой фальц

Одинарный плоский лежачий фальц

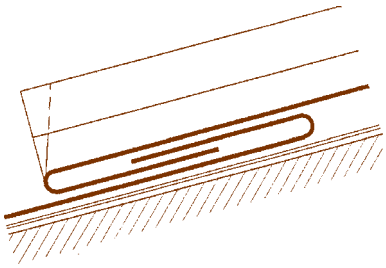
Двойной плоский лежачий фальц



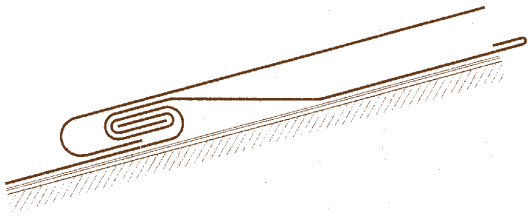
Горизонтальный одинарный лежачий фальц



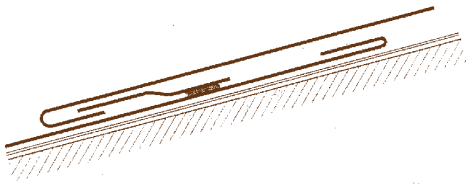
Вертикальный одинарный лежачий фальц



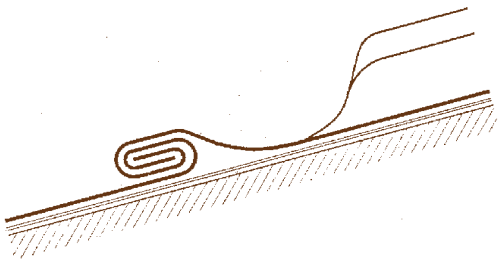
Одинарный лежачий фальц, увеличенный путем расширения



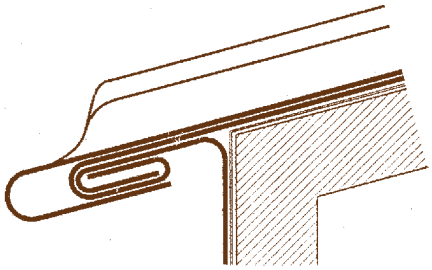
Двойной плоский лежачий фальц и одинарный лежачий фальц, увеличенный путем расширения



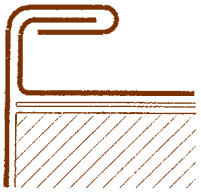
Одинарный удлиненный лежачий фальц с креплением и капиллярной защитой



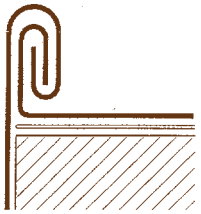
Двойной продольный фальц



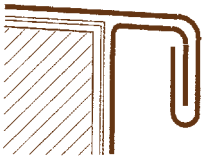
Одинарный фальц, допускающий расширение



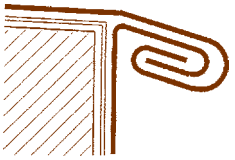
Край крыши с угловым фальцем



Край крыши с двойным фальцем



Расширенный слив карниза с одинарным фальцем



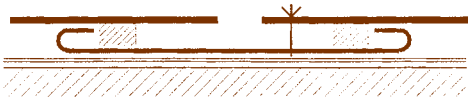
Двойной лежачий фальц

Трубный фальц

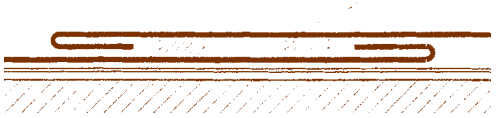
Угловой фальц

Вертикально фиксированный лежачий фальц для вывесок

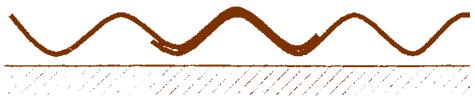
Лежачий фальц с уплотнительной рейкой



Соединение выступа с уплотнительной рейкой



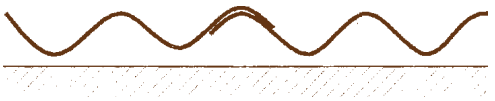
Нахлестный фартук гидроизоляции с уплотнительной рейкой



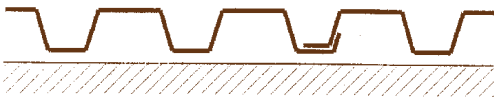
Соединения внахлестку

Соединения внахлестку

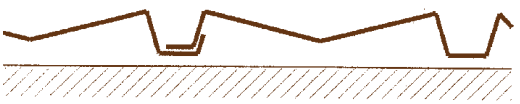
Соединения внахлестку



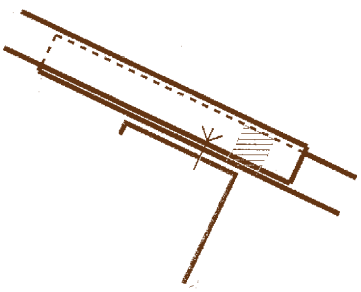
Соединения внахлестку



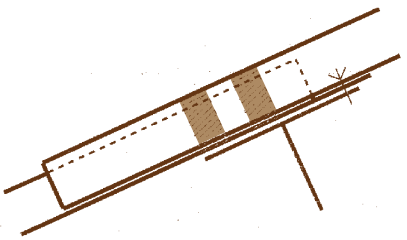
Соединения внахлестку



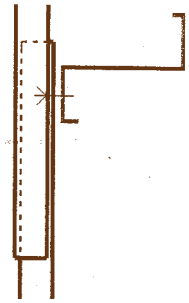
Соединения внахлестку



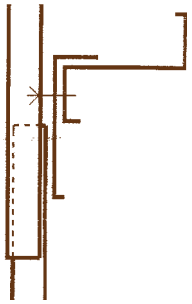
Нахлестка фиксированной длины



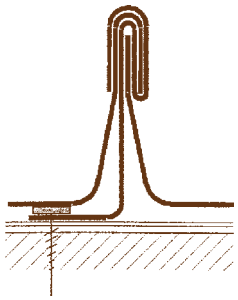
Расширение нахлестки



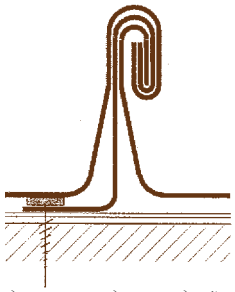
Вертикальная нахлестка фиксированной длины



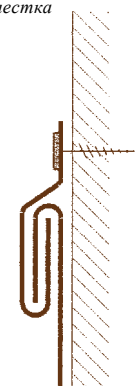
Расширенная концевая нахлестка



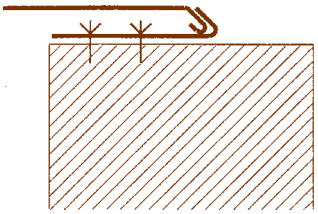
Стоячий фальц с фиксированной лапкой



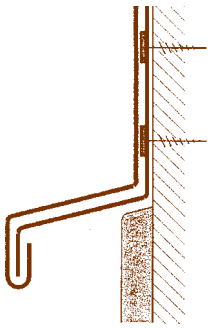
Стандартное соединение двойного лежачего фальца



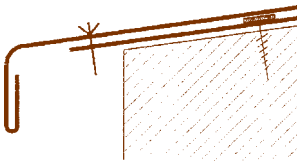
Крепление непрерывного одинарного лежачего фальца



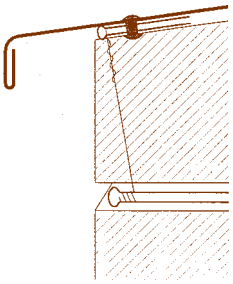
Крепление фальца



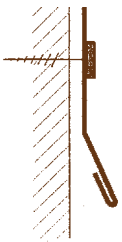
Слив оконной рамы с упрочняющей рейкой



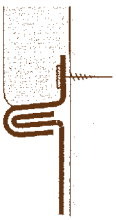
Крепление гребня стены



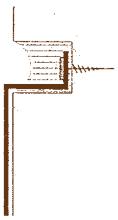
Крепление стержня



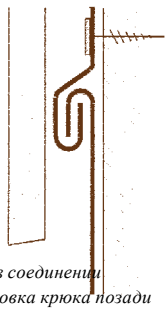
Видимое крепление



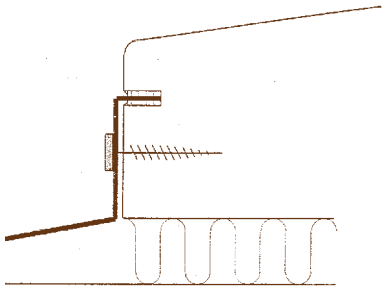
Край штукатурки с установкой опорного крюка



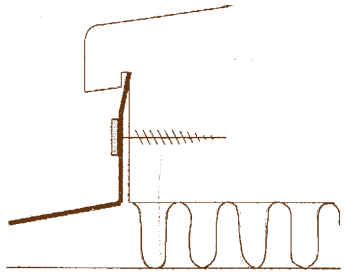
Крюк в соединении



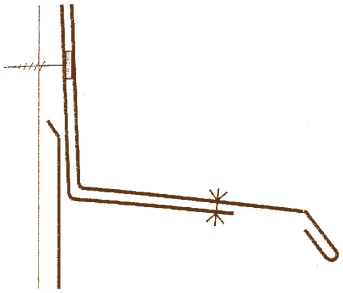
Крюк в соединении Установка крюка позади фасадной панели



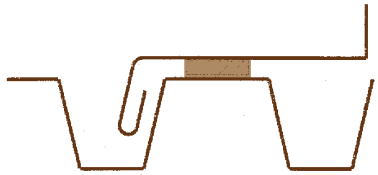
Крюк для оконной рамы



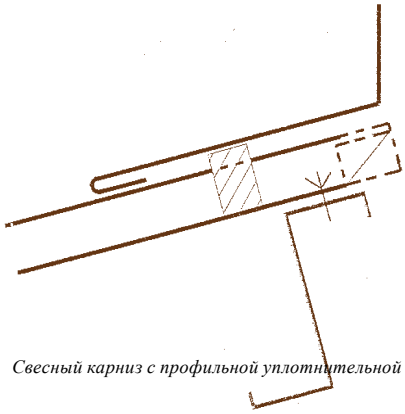
Соединение с оконной рамой



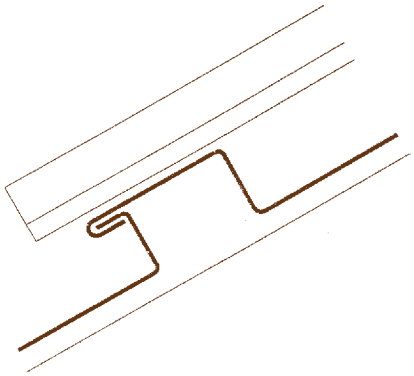
Свесный карниз



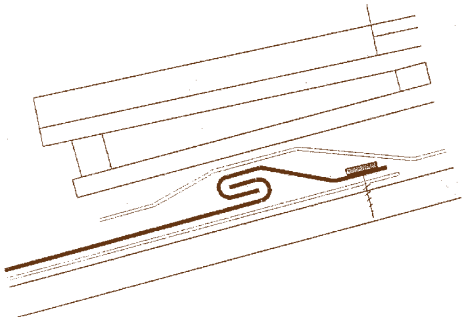
Свесный карниз с уплотнительной рейкой



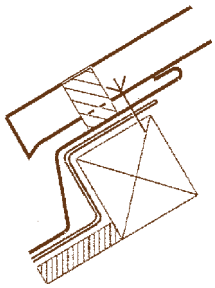
Свесный карниз с профильной уплотнительной прокладкой



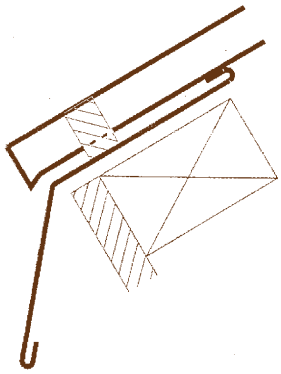
Соединение кровельной черепицы с разжелобком (ендовой)



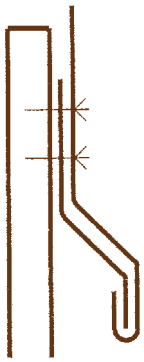
Соединение кровельной черепицы с разжелобком



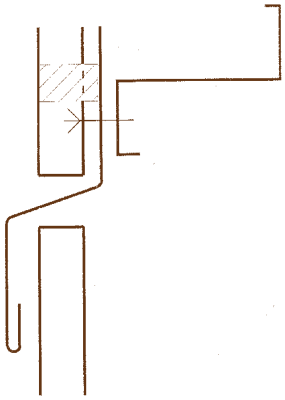
Разжелобок с профильной уплотнительной прокладкой



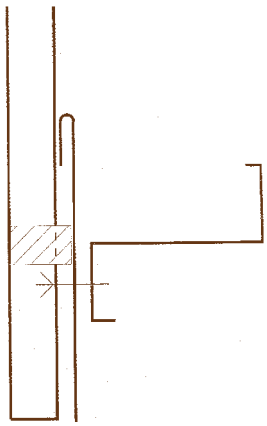
Установка профилированного медного листа для крепления доски для вывески



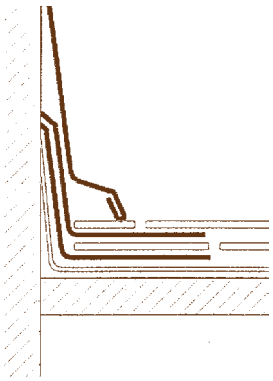
Выступающий угловой отлив поверх медного профиля



Выступ поверх медного профиля

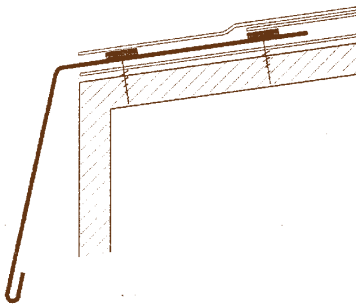


Деталь капиллярного крюка позади профилированного медного листа

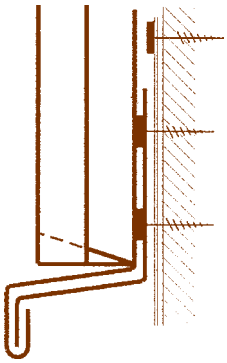


Опора свеса крыши

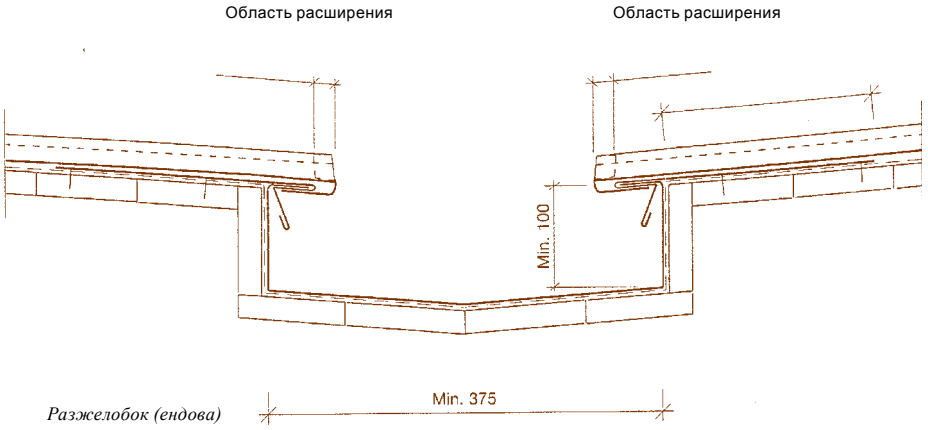
Соединение асбестоцементной кровельной плитки с листовым материалом



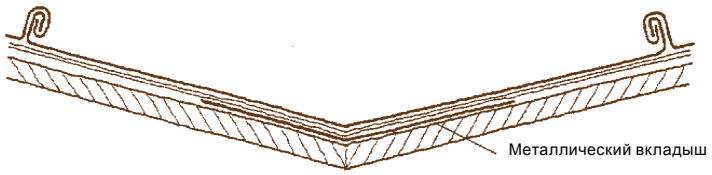
Точная отделка



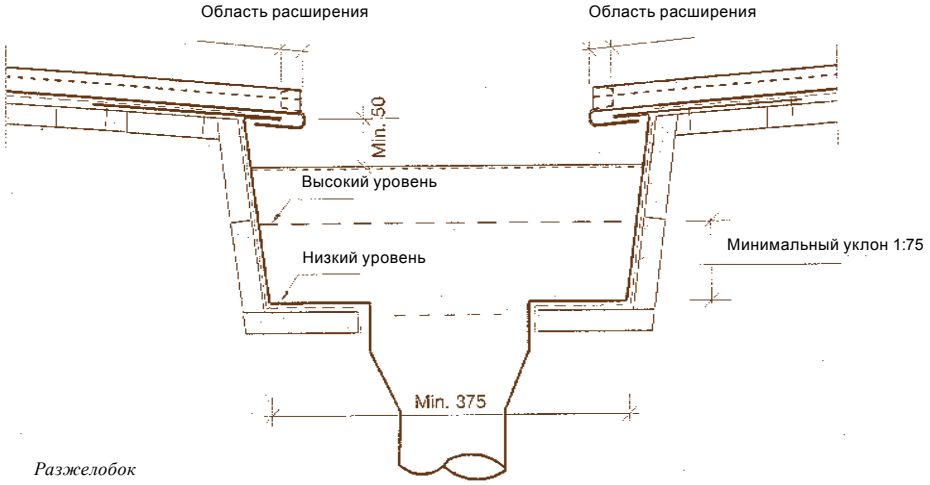
Установка листового облицовочного покрытия из меди поверх строительного картона из органических волокон



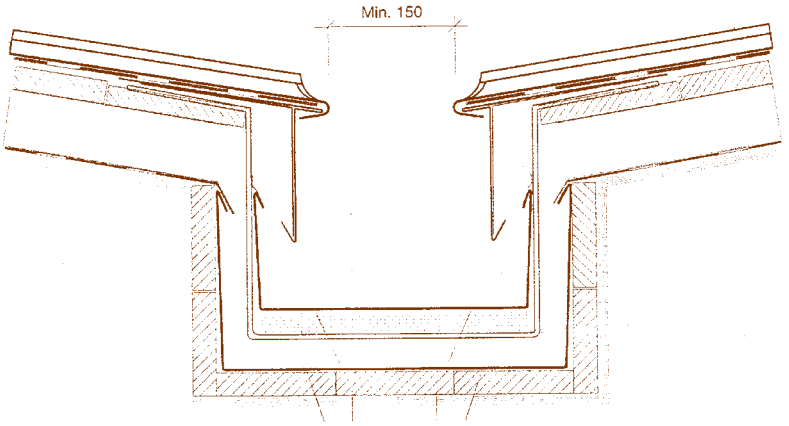
Разжелобок (ендова)



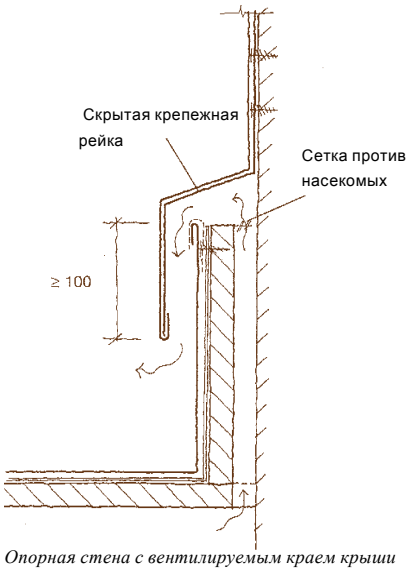
Разжелобок



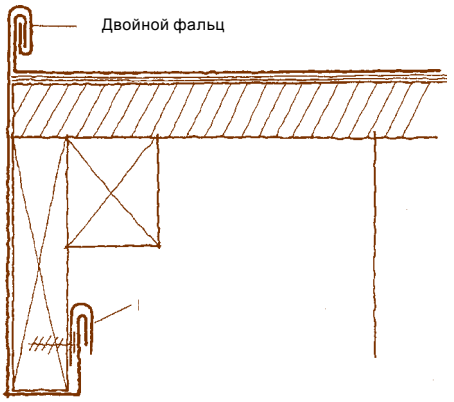
Разжелобок



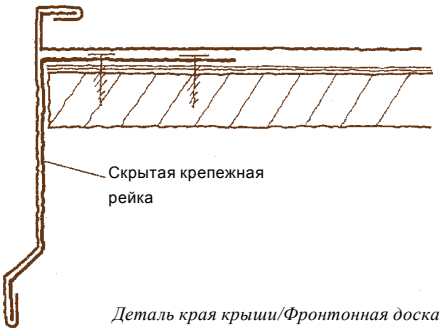
Разжелобок



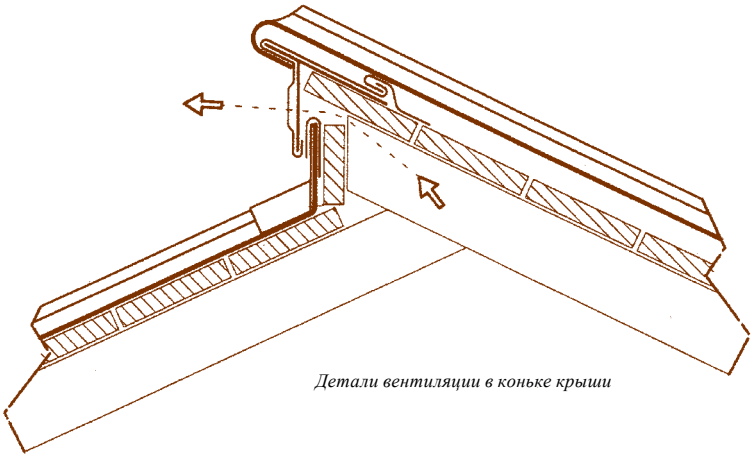
Опорная стена с вентилируемым краем крыши



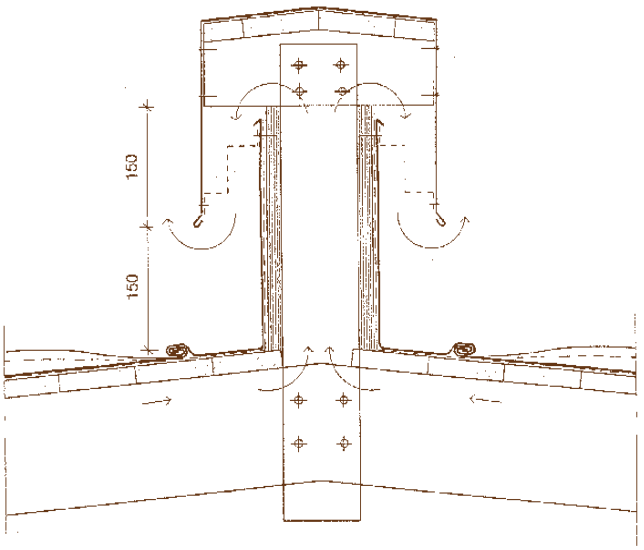
Деталь края крыши/Фронтонная доска



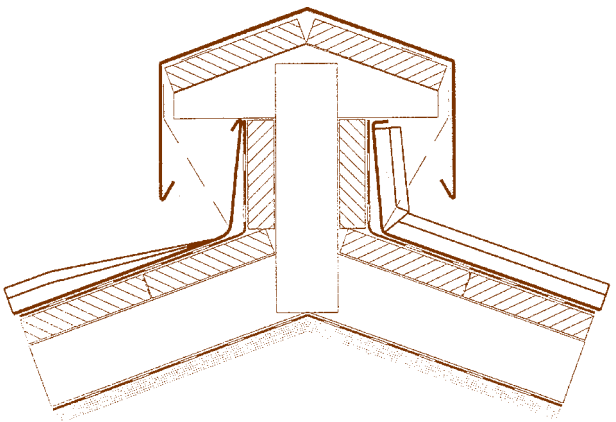
Деталь края крыши/Фронтонная доска



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 изготовляют 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.

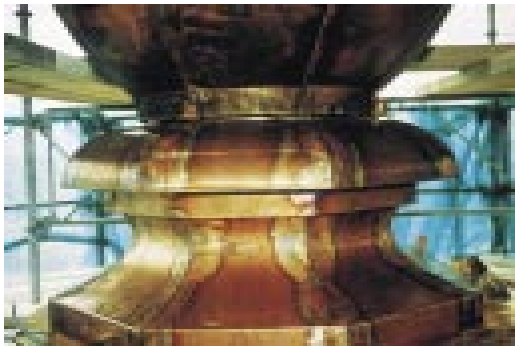
Плоский лист обрезается, предварительно фальцуется и обрабатывается в механическом цехе или на строительном участке, пока он не примет нужные размеры и форму. Оболочки для деталей типа дымовых труб, вентиляционных колпаков над дымовыми трубами и слуховых окон изготовляются рабочими - металлистами непосредственно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

Профилированные элементы и отливы изготовляются из плоских листов, с подгонкой для каждого отдельного строительного элемента. Временные перемычки и панели часто изготовляются в процессе обработки тонколистового металла. Небольшой диапазон стандартных изделий может быть получен также непосредственно от оптовых торговцев и поставщиков тонколистового металла.

Оболочка для колокольни.

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 пресса
- 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 пресса

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

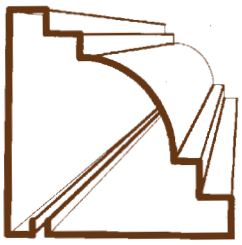
Профилированное листовое покрытие может быть сформировано в виде дуг, уголковых элементов и т.п. Существуют конкретные стандартные конструкции.

Профилированное листовое покрытие может также быть сформировано на строительном участке, в зависимости от высоты профиля и материала. Лист загибается поверх 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.

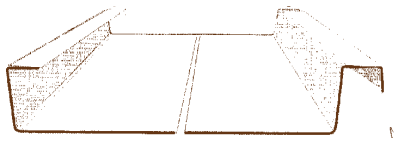
Полосы подаются непосредственно с рулона на станок. Станок для зачистки фальца запрограммирован относительно длины и числа металлических полос и может регулироваться для обработки полос шириной от 300 мм до 800 мм. Единовременно обрабатывается одна сторона изделия, при этом можно зачищать непараллельные 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

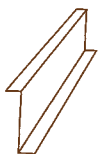
Листовой материал предлагает широкий диапазон возможностей, когда он предназначается для функционального покрытия крыш и облицовки фасадов. Его способность к уплотнению часто соблазняет архитекторов и проектировщиков, которые хотят сформировать этот материал таким образом, который не всегда позволяет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

Листовой материал единовременно 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.

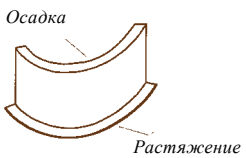
Осадка (усадка) верхнего фланца и затем растяжение нижнего фланца в эквивалентной степени, чтобы сформировать Z-образный профиль, приводит к сгибу профиля.

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

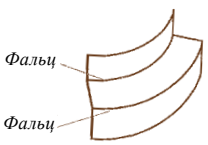
Можно согнуть предварительно фальцованное листовое покрытие, получая выпуклую или вогнутую форму, с помощью машинного оборудования.



Z-образный профиль.



Согнутый Z-образный профиль



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

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

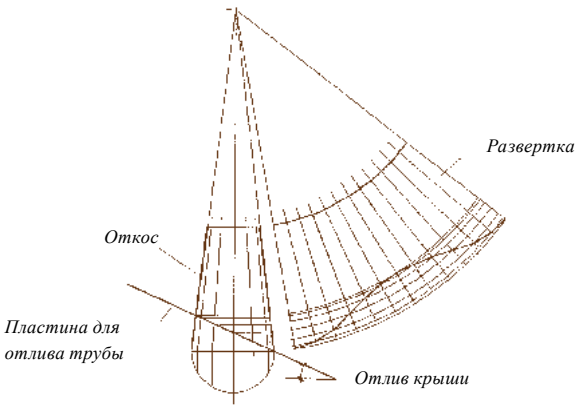
Развертывание – единственный путь определения заранее, как контуры и линии обрезки будут смотреться в конструкции.

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

Развертывание отливов крыши

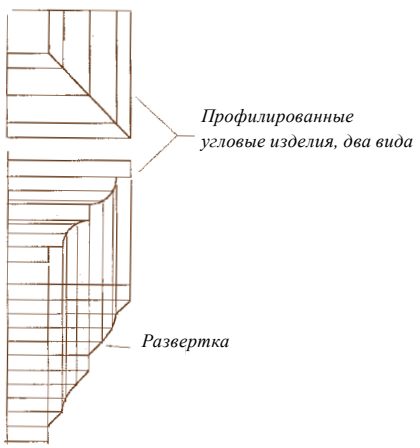
Когда рабочие - металлисты создают отливы труб вокруг круглых вентиляционных лотков и вентиляционных труб, они сначала развертывают отлив трубы.

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.

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.

Двойной стоячий фальц

Угловой фальц

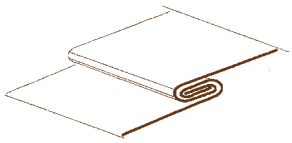
Рулоны обрешетины/системы рулонной заглушки

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.

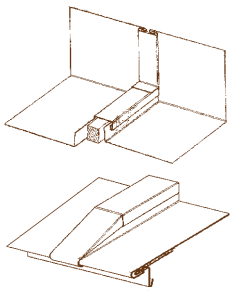
В настоящее время принято объединять метод заглушающего фальцевого шва с другими методами фальцевания, например, со стоячими фальцами.

Заглушающее покрытие с горизонтальным профильным фальцем.

Заглушающее покрытие с наклонным профильным фальцем.
Заглушающее покрытие, два варианта исполнения.



Горизонтальный двойной фальц.



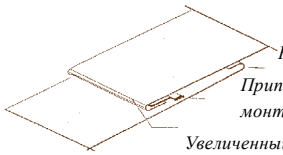
Пример завершения фальца у свеса крыши и конька при использовании заглушающего покрытия.

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

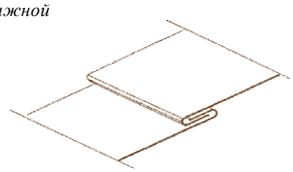
Увеличенный одинарный лежачий фальц может применяться как деформационный шов на крышах с крутыми скатами.

Присадочный металл
Скошенный фальц. Всегда требует присадочного металла в стоячем фальце.

Без присадочного металла
Складки в стоячих фальцах не требуют никакого присадочного металла.



Пример припаянной непрерывной монтажной пластины.



Лежачий фальц.

Стадии производства соединительного фальца.

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

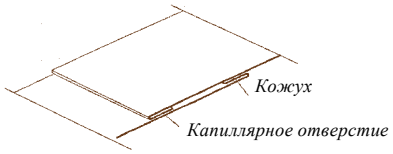
Все методы пайки на непрерывных монтажных пластинах в деформационных швах или методы формирования связующих фальцев при изготовлении водосточных желобов, желобов коробчатого профиля или разжелобков, допускают тепловые перемещения материала.

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.

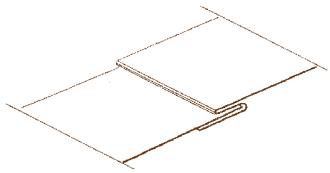
Свободный край металлического листа следует закрыть кожухом.



Соединение внахлестку с кожухом и капиллярным отверстием.

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

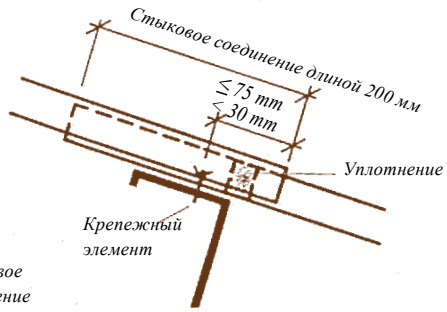
Такие фальцевые соединения допускают скрытное крепление тонколистового металла.



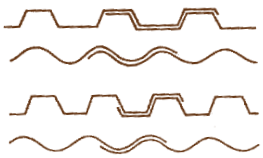
Фальцевое соединение.

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 обрадуются 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.

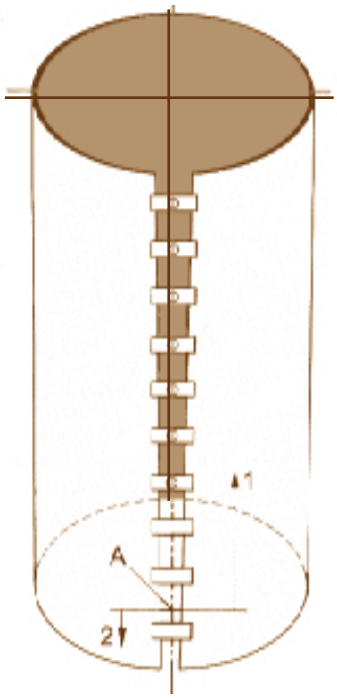
Специальные виды латуни, содержащие большое количество алюминия, требуют применения специальных методов их обработки.

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 2000ºС. 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 - 700ºС. 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 некованым 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 - 600ºС 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 - 600єС 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 - 400ºC. 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 - 300ºC рекомендуется для более толстых металлических деталей, и в этом случае должна быть проведена двусторонняя сварка. По окончании сварки металл должен поддерживаться при температуре 500 - 550ºC 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 - 400ºC. 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 последующие 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.

Припои

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 чаше 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 осаждения 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 осаждений 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 300ºС 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 специфичным 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/мм^2. 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 припоям. 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 шплинты изготовляются 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.