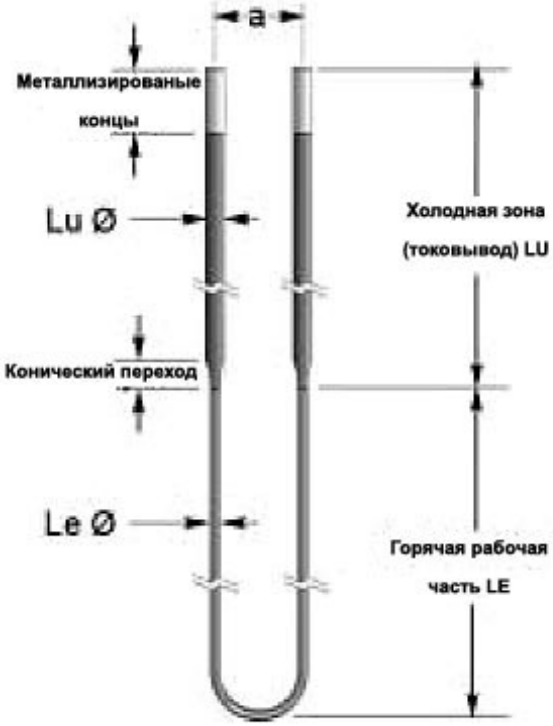
(495) 626-45-28; (495) 235-72-77
www.lanterm.ru; info@lanterm.ru

Moly-D Техническое руководство

Общее описание

Moly-D элементы являются элементами из высокоплотного кермета, состоящего из дисилицида молибдена ($MoSi_2$) и стеклянной фазы диоксида силикона (SiO_2). Они могут работать при температуре элемента до 1775°C.



Эти элементы являются элементами U-типа и чаще всего используются подвешенными рабочей частью вниз. Элемент состоит из двух токовыводов (Lu) и рабочей зоны в виде буквы U (Le). Токовыводы имеют диаметр в два раза больше диаметра рабочей зоны, эти две зоны скреплены между собой сваркой. Кончики металлизированы алюминием для обеспечения низкого сопротивления контактной поверхности, к которой электрические контакты прикреплены при помощи плоских плетеных алюминиевых ремешков.

Moly-D элементы описываются типом MD-31 или MD-32, диаметром токовыводов, длиной токовыводов (Lu), длиной активной части (Le) и расстоянием между двумя стержнями (a). Размер указывается в мм. Пример: MD-33 3/6 Lu=150 Le =180 a=25 полностью определяют элемент.
z

Стандартные размеры элементов						
Диаметр элемента Le/Lu	Дистанция между осями стержней		Диаметр рабочей части (Le)	Диаметр токовыводо в (Lu)	Длина сужающейся части ((Taper)	Длина металлиз. кончиков
мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм
	Минимум	Стандарт				

3/6	20	25	3	6	15	25
4/9	20	25	4	9	18	40
6/12	40	50	5	12	25	40
9/18	50	60	9	18	30	75
12/24	60	80	12	24	40	100

Moly-D элемент является нагревательным элементом резисторного типа, который преобразует электрическую энергию в тепловую (Закон Джоуля $W=I^2R$)

Свойства

1 Производятся по установленным в промышленности диаметрам и значениям сопротивлений: 3/6, 4/9, 6/12, 9/18 и 12/24 с длиной рабочей зоной до 1400мм.

2 Moly-D элементы могут использоваться с температурой поверхности до 1775°C и контролируемой температурой печи до 1750°C в окислительной атмосфере. Низкие температуры рекомендуются в восстановительной атмосфере.

3 Элементы обеспечивают длительный срок службы, легкость замены и низкую стоимость технического обслуживания.

4 Новые и старые элементы могут работать в одной группе одновременно.

5 Многостержневые элементы могут соединяться параллельно.

6 Они имеют высокую номинальную мощность 22,6 Ватт на см² при температуре печи 1450°C.

7 Высокая мощность дает возможность быстрого увеличения температуры печи.

8 Могут использоваться в постоянном или прерывистом режиме.

Предлагаются два типа

Тип MD-31 – Максимальная температура элемента 1700°C
Тип MD-33 – Максимальная температура элемента 1800°C

Тип MD-33 является более высокотемпературным материалом и рекомендуется только когда температура элемента превышает 1700°C. Элементы типа MD-33 стоят больше, чем MD-31 и если температура элемента ниже 1700°C то срок службы элемента не увеличивается.

Первый отжиг

Когда элементы новые (используются первый раз) они должны быть нагреты быстро в воздушной атмосфере до температуры элемента 1200°C или выше. Элементы будут разрушены, если проработают при температуре на их поверхности от 500 до 700°C в течение какого-либо времени. После образования слоя на их поверхности, они могут работать при любой низкой температуре, пока существует этот слой.

Рабочая температура элемента

Moly-D элементы могут работать при температуре до 1800°C в окислительной атмосфере. Они могут использоваться в восстановительной и нейтральной атмосфере при низких температурах элемента.

Таблица А показывает максимальную рекомендуемую температуру элемента для различных атмосфер.

Таблица А
Максимальные рекомендуемые температуры элементов в различных атмосферах

Атмосфера	MD-31	MD-33
	°C	°C
Воздух	1700	1800
Азот	1600	1700
Аргон, Гелий	1600	1700
Сухой водород, точка росы -80°C	1150	1150
Влажный водород, точка росы 20°C	1450	1450
Экзогаз	1600	1700
Эндогаз	1400	1450
Расщепленный аммиак	1400	1400

Все элементы галогеновой группы будут вступать в реакцию с диоксидом карбида и поэтому следует избегать контакта с ними

Для специальных атмосфер свяжитесь производителем

Желательно использовать элемент в нейтральных или восстановительных атмосферах, важно использовать их при температуре 1200°C в воздушной атмосфере для образования защитного слоя из диоксида карбида. Обычно 30 минут достаточное время. Для более длительного срока службы в восстановительной или нейтральной атмосфере, элемент следует подвергать нагреву при температуре 1200°C или выше в воздушной атмосфере для обновления и обеспечения достаточного защитного SiO_2 слоя.

Механические и физические характеристики дисилицид молибдена

Плотность ……5,6 г/см³
Пористость……-1%

Теплопроводность:
20-600°C…….30 Вт/м*К
601-1200°C…….15 Вт/м*К

Коэффициент линейного расширения……7,5 * 10^{-6}
Удельная теплоемкость при 20°C……420 Дж/кг*К

Коэффициент излучения……..0,7-0,8

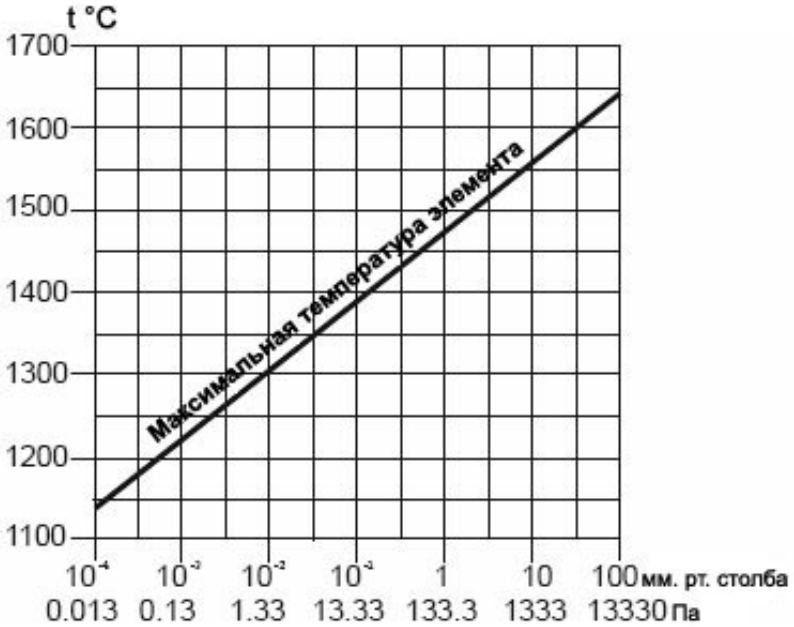
Сопротивление материала Moly D…….График 2

Вакуум

График 1 показывает максимальную рекомендуемую температуру элемента под различными условиями в вакууме. Чистый молибден или графит обычно являются лучшим выбором материала для высоко вакуумных печей.

Максимальная температура элемента для продолжительных режимов в вакууме для элементов MD-31 и MD-33

Температура элемента, °C



Различные единицы измерения используются в вакуумной промышленности. Перевод единиц следующий:

1 атмосфера
= 760 мм ртутного столба
= 760 торр
= 760 микрон
= 101 325 Па
= 101 325 Н/м²
= 1 013 250 дина/см²
= 1,013 бар
= 14,69 фунт/дюйм²

Максимальный ток

Moly-D элементы являются элементами, работающими под низким напряжением с высоким током. Ниже приведены значения тока для каждого стандартного диаметра активной части. Активная часть требует больше мощности, чем токовыводы, но токовыводы склонны к перегреву и могут вывести из строя контактные ремешки и зажимы.

Максимальный рекомендуемый ток, ампер					
Диаметр рабочей зоны, мм	3	4	6	9	12
Текущий ток	75	115	200	365	560

Характеристики сопротивления

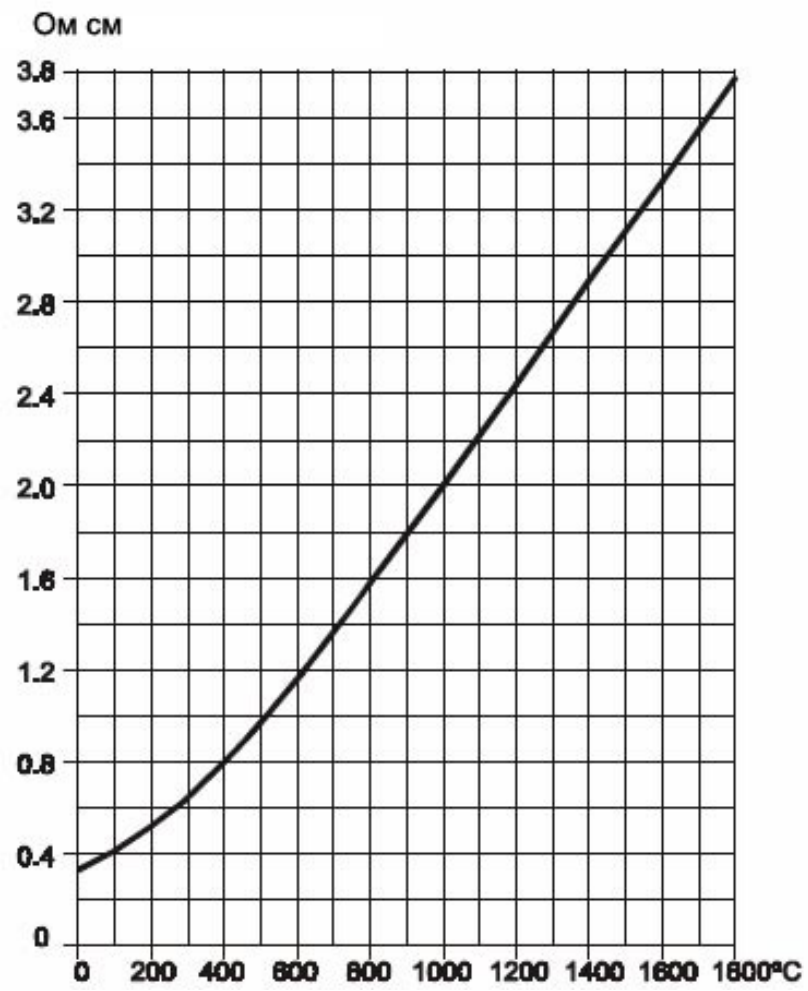
Moly-D нагревательный элемент является элементом резисторного типа, который преобразует электрическую энергию в тепловую по закону Джоуля $W=I^2R$. W=Мощность в ваттах, I = текущий ток в амперах, R = сопротивление в Омах. Дисилицид молибдена увеличивает сопротивление приблизительно в 10 раз при изменение температуры от 20°C до 1800°C. Смотрите график 2. Поэтому температура активной зоны должна быть известна для определения сопротивления активной части.

(495) 626-45-28; (495) 235-72-77
www.lanterm.ru; info@lanterm.ru

График 2

Удельное сопротивление материала элементов Moly-D

Температура элемента



$r = \rho \times l \times 4 / \pi \times d^2$

r= сопротивление в Омах

ρ= удельное сопротивление из графика

l= длина активной части в см

d=диаметр рабочей зоны в см

π=3,14

Научное сообщество и производители проволоки сопротивления стандартизовали единицу измерения Ом-сантиметр для удельного сопротивления. Ом-сантиметр – это сопротивление материала с площадью поперечного сечения 1 см² и один сантиметр длиной.

Для определения сопротивления активной части диаметром 3 мм и один мм длиной при 1675°C используется равенство $r = \rho \times l \times 4 / \pi \times d^2$, из графика 2 выберите температуру элемента при температуре 1675°C и следуйте по линии температуры до пересечения с графиком. Затем следуйте по горизонтальной линии сетки налево и запишите удельное сопротивление $\rho = 3{,}48$ ч 10^{-4} Ом см

l = длина активной части в см (0,1см)
d = диаметр элемента в см (0,3см)
4 = <u>для превращения диаметра в радиус</u>

$$r = \frac{3{,}48 \times 10^{-4} \times 0{,}1\text{см} \times 4}{\pi \times 0{,}3^2\ \text{см}} = \frac{0{,}000348 \times 0{,}4}{0{,}2826} = 0{,}000493\ \text{Ом}$$

r – сопротивление активной части 3 мм диаметром и длиной 1 мм при температуре 1675°C.

Такой же метод используется для подсчета сопротивления элемента типа стержень любого диаметра любой длины при любой температуре. Более простой метод показан ниже.

Элемент Moly-D является высокотемпературным элементом, который стабильно работает и имеет длительный срок службы в соответствующем каждому типу диапазону температур от 1700°C до 1800°C. Вследствие этого мы рекомендуем при конструировании рассчитывать температуру для элемента 1675°C для типа MD-31 и 1775°C для MD-33 в воздушной атмосфере.

Значения сопротивлений для элемента стандартного диаметра и длиной 1 мм при температуре 1675°C и 1775°C показаны в таблице B.

Таблица B		
Диаметр Рабочей зоны	R Сопротивление Ом на мм длины при 1675°C и 1775°C	
	MD-31 1675°C	MD-33 1775°C
3	0,000493	0,000523
4	0,000277	0,000294
6	0,000123	0,000131
9	0,000054	0,000058
12	0,000030	0,000032
18	0.000013	0.000014

Зависимость сопротивления от температуры материала элемента Moly-D имеют почти линейную зависимость от 1800°C до 1400°C. Для оценки сопротивления при более низких температурах активной зоны, умножьте значения сопротивления при более высоких температурах на 0,94 на каждые 100°C увеличения температуры рабочей зоны.

Оценка сопротивления элемента MD-31, с активной частью диаметром 6 мм и длиной 1 мм при температуре 1575°C (r при 1675°C из таблицы B)

r при температуре 1575°C = (r при температуре1675°C)*0,94
r при температуре 1575°C = 0,000123*0,94
r при температуре 1575°C=0,000116 Ом/мм

Определение длины рабочей части (Le)

Дисилицид молибдена размягчается при температуре свыше 1200°C и поэтому подвешенный вертикально элемент будет удлиняться и растягиваться. Нагревательный элемент может быть разрушен, если горячий и находящийся под напряжением элемент касается пола. Чтобы дать элементу увеличиться в длину и сохранить безопасное расстояние до пола, активная часть должна быть короче высоты нагреваемой камеры.

Для определения длины активной части требуются два шага.
1 Определите высоту в миллиметрах в том месте печи, где подвешены элементы

2 Сужающаяся часть токовыводов (Lu) расширяется в нагретую камеру. Длина этой сужающейся части варьируется в зависимости от диаметра элемента. Смотри таблицу D для определения длины сужающейся части внутри камеры нагрева

Для определения длины активной части (Le) используйте одну из следующих формул:

Для высоты H меньше 200мм Le=H – 10 – g

Для высоты H больше 200мм Le=0,95H – g,

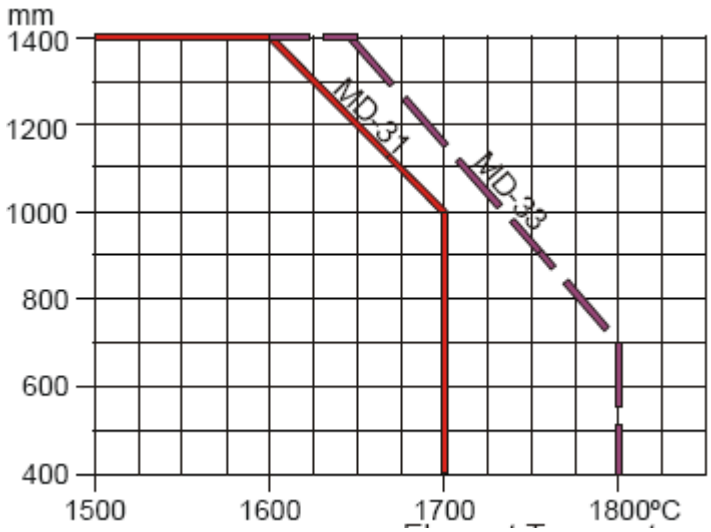
где H = высота печи в мм
g = длина сужающейся части в мм из таблицы D
10 = минимум рекомендуемого расстояния по вертикали до элемента в мм
0,95 = коэффициент, учитывающий растяжение элемента и позволяющий оставить безопасное расстояние до пола.

Существуют следующие ограничения максимальной длины активной части: для диаметров 3/6 и 4/9 максимальная длина составляет Le=400мм, для 6/12, 9/18 и 12/24 максимальная длина Le=1400мм

Для диаметров 6/12, 9/18 и 12/24 максимальная длина уменьшается в зависимости от температуры элемента свыше 1600°C, зависимость показана на графике 3

График 3
Максимальная длина рабочей части (Le) в зависимости от температуры элемента

Максимальная длина активной части (Le)



Температура элемента

Метод расчета мощности в ваттах элемента Moly-D U-формы

Расчет мощности элемента Moly-D в ваттах производиться по длине активной части элемента, площади поверхности активной части элемента и удельной поверхностной мощности в ваттах на см².

Активная длина элемента типа U состоит из 2 стержней и согнутой к ним под углом 180° части. Длина активной части, согнутой под 180° к стержням (расстояние между осями стержней) показано в таблице С, столбце 3.

Шаг 1

Для определения общей длины активной части в мм, используйте равенство: Общая длина активной зоны (Lн) =2 x (Le) + z, где z определяется из таблицы С, столбец 3

Таблица С			
1	2	3	4
Диаметр активной части мм	Расстояние между осями стержней a	Добавочная длина к Le, мм z	Площадь поверхности мм² для одного мм длины c
3	20	28	9,42
3	25	31	9,42
4	20	27	12,56
4	25	30	12,56

6	40	37	18,84
6	50	42	18,84
6	60	48	18,84
9	50	40	28,26
9	60	45	28,26
12	60	42	37,68
12	80	54	37,68
18			56,52
24			75,36

Шаг 2

Для определения площади поверхности (S) этой активной части в см², выберите из таблицы С, столбец 4, площадь поверхности (с) для элементов длиной 1 мм и диаметром 3, 4, 6, 9. 12 или 24 мм. Умножьте эту площадь поверхности для 1 мм² общее значение, полученной из Шага 1. Полученное значение будет являться общей площадью поверхности активной части в мм². При пересчете в см², разделите это значение на 100.

$$S = \frac{(L_н) * c}{100}$$

Расчет удельной поверхностной мощности в Ваттах

Температура поверхности элемента зависит от температуры печи и мощности. Мощность определяется по максимальной температуре печи и используемой атмосфере.

Шаг 3

Для определения максимальной рекомендуемой мощности (WL) в воздушной атмосфере на графике 4 выберете вертикальную линию, соответствующую максимальной требуемой температуре. Следуя по этой вертикальной линии до пересечения с линией максимальной температурой элемента, для каждого MD-31 или MD-33 типов элемента. Выберете линию мощности на этом пересечении. Для запаса уменьшите выбранное значение на 3 Вт/см².

Шаг 4

Для определения максимальной рекомендуемой нагрузки (WL) для различных атмосфер или в вакууме требуется максимальная температура элемента.

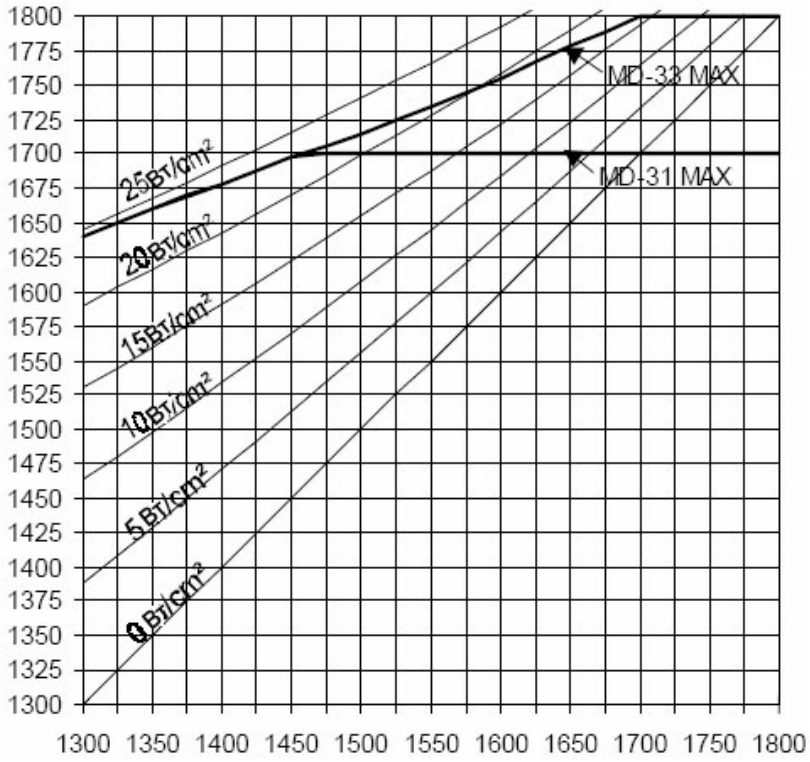
Максимальная температура элемента для различных атмосфер показана в таблице А, в вакууме на графике 1.

На графике 4 выберите линию температуру печи и следуйте по ней вертикально до пересечения с горизонтальной линии температуры элемента. Выберите линию удельной мощности на их пересечении. Для запаса, уменьшите это значение на 3 Ватт/см².

График 4

Температура элемента Moly-D в зависимости от температуры печи при различных поверхностных мощностях

Температура элемента, °C



Температура печи, °C

Шаг 5

Для определения мощности в Ваттах (P) возьмите значение удельной мощности (WL), определенное в Шаге 4 и умножьте его на площадь поверхности элемента, вычисленное из Шага 2 (S).

P=WL x S

Вычисленное значение является максимальной рекомендуемой мощностью в Ваттах при выбранной максимальной температуре печи.

Метод расчета сопротивления активной части (Le)

Шаг 6

Сопротивление материала дисилицид молибденового нагревательного элемента увеличивается приблизительно в 10 раз в интервале температур от 20°C до 1800°C. Для определения сопротивления был разработан промышленный стандарт для расчета сопротивления.

Равенство для расчета сопротивления (r_{me}) для стержня длиной 1000мм в диаметрах 3, 4, 6, 9, 12, 18 и 24 мм при температуре от 700°C до 1800°C показана ниже:

$$r_{me} = \frac{0{,}0028 \times T_e - 0{,}255}{d^2}$$

r_{me} = сопротивление активной части длиной 1000 мм в Омах
0,0028 = фактор удельного сопротивления
T_e = температура поверхности активной части в °C
0,255 = корректирующий коэффициент
d = диаметр активной зоны

Шаг 7

Для определения сопротивления активной зоны (r_e) используется следующее равенство

$$r_e = \frac{r_{me} \times Lн}{1000}$$

r_{me} = сопротивление активной части длиной 1000мм, определяемое из шага 6
Lн =общая длина активной части в мм из Шага 1

Для определения общего сопротивления элемента должно быть также известно сопротивление токовыводов.

Метод подсчета длины и сопротивления токовыводов (Lu)

Метод механического соединения металлического электрического проводника к активной части дисилицид молибденового элемента при рабочей температуре еще не разработан.

Поэтому токовыводы большего диаметра методом стыковой сварки приварены активной части с меньшим диаметром. Этот больший диаметр с меньшим сопротивлением будет работать при более низкой температуре, что даст возможность использовать алюминиевую плетенку.

Диаметры токовыводы в два раза больше диаметров активной части за исключением элемента с диаметрами 4/9.

Шаг 8

Длина токовыводов (Lu) делится на три части.

А Часть длины токовыводов должна выступать из стены печи. Электрические соединения должны быть установлены снаружи изоляции для предотвращения их перегрева. Внизу в таблице D даны значения минимальных выступов Lc. Не уменьшайте эти значения, так как это может привести к перегреву и поломки плетенки. Предпочтительнее выбирать большую длину, чем меньшую.

Б Следующая часть токовыводов является длиной, которая проходит в изоляции стен печи Li. Для определения этого размера измерьте расстояние между внешней поверхностью печи и внутренней поверхностью изоляции в мм.

В Третья часть токовыводов является конусной частью (g), что означает уменьшение диаметра это части. Эта конусная часть должна находиться в камере печи. Она не может быть в стене, иначе элемент перегреется или произойдет поломка. Эти значения перечислены в таблице D.

Таблица D					
Размер элемента	3/6	4/9	6/12	9/18	12/24
Часть снаружи печи Lc	75 mm	75 mm	100 mm	125 mm	150 mm
Длина конусной части внутри камеры g	15 mm	15 mm	25 mm	30 mm	40 mm

Для определения длины токовыводов (Lu) выберите диаметр элемента и сложите два числа из вертикальных столбиков из таблицы D + измеренная толщина стены Li,

Lu=Lc + Li +g

Сопротивление материала дисилицид молибдена будет увеличиваться приблизительно в 10 раз в интервале температур элемента от 20°C до 1800°C. Следовательно, сопротивление вдоль длины токовывода будет лежать в широком диапазоне сопротивлений от одного конца при температуре печи до другого наружного конца, имеющего гораздо меньшую температуру.

Шаг 9

Для определения сопротивления токовыводов в промышленности был разработан метод, который рассматривает измерения по многим испытаниям, удельное сопротивление дисилицид молибдена, температуру печи, диаметр токовыводов (Lu) и стержень длиной 1000мм.

Упрощенный расчет сопротивления токовыводов 1000мм

$$r_{mu} = \frac{0{,}00196 \times T_f - 0{,}255}{D^2_{Lu}}$$

r_{mu} = сопротивление токовыводов длиной 1000мм
0,00196 = фактор удельного сопротивления
T_f = Температура печи, °C
0,255 = корректирующий фактор

D_{Lu} = диаметр токовыводов, мм

Шаг 10

Для определения сопротивления токовыводов (Lu) существует равенство:

$$r_u = \frac{r_{mu} \times 2\,Lu}{1000}$$

r_u = сопротивление двух длин Lu
2 Lu = общая длина токовыводов этого элемента, шаг 8
r_{mu} = сопротивление токовыводов длиной 1000 мм

Шаг 11

Для определения общего сопротивления элементов при рабочей температуре существует равенство

$$R_t = r_u + r_e$$

R_t = сопротивление элемента
r_u = сопротивление активной части, Le, шаг 7
r_e = сопротивление элемента, Lu, шаг 10

Расстояния при монтаже элементов в печи

Расстояние до стены при установке параллельно стены

Шаг 12

Элементы Moly-D обычно подвешиваются к крыше или, при изгибе, крепятся к стене. В большинстве случаев активная часть элементов размещается параллельно стене. Поверхность активной части элементов не должна касаться или быть размещенной близко к какой-либо поверхности. Активная часть размягчается при температуре свыше 1100°C и активная зона может быть изогнута по направлению к или от стены. Величина изгиба зависит от длины активной части.

Изгиб может быть вызван электрическими контактами. Короткие жесткие плетенки, которые оказывают давление на токовыводы, могут вызвать изменчивый изгиб активной части при нагреве.

Если элемент U-типа размещен параллельно стене и длина активной части (Le) меньше 300мм, минимальное расстояние e (смотреть рисунок 1) между осями активных зон и стеной составляет 15мм. Для элементов с длиной активной зоны (Le) в интервале между 300 и 1000 минимальное расстояние до стены e определяется по равенству e=Le x 0,5. Если Le составляет 1000мм или длиннее, то минимальное расстояние до стены 50 мм. Единицы измерения длины e и Le даны в мм.

Пример: Если Le составляет 1000мм, то минимальное расстояние от стены e=1000 x 0,5, e=50мм.

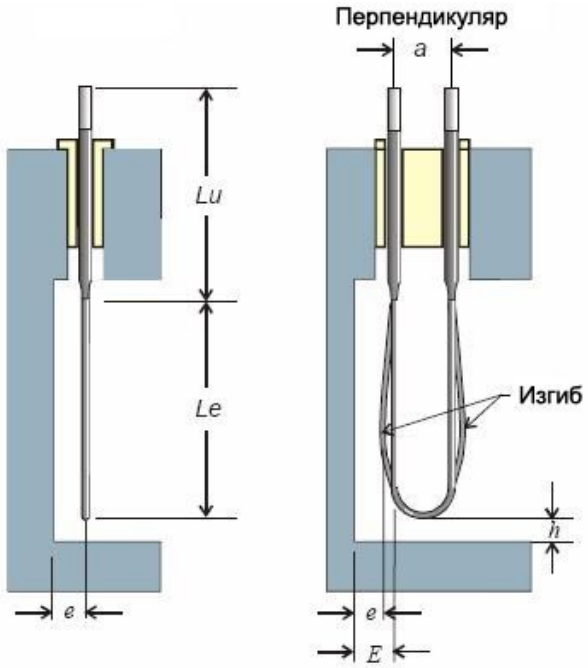


Рисунок 1

Расстояние до стены (перпендикулярно)

Шаг 13

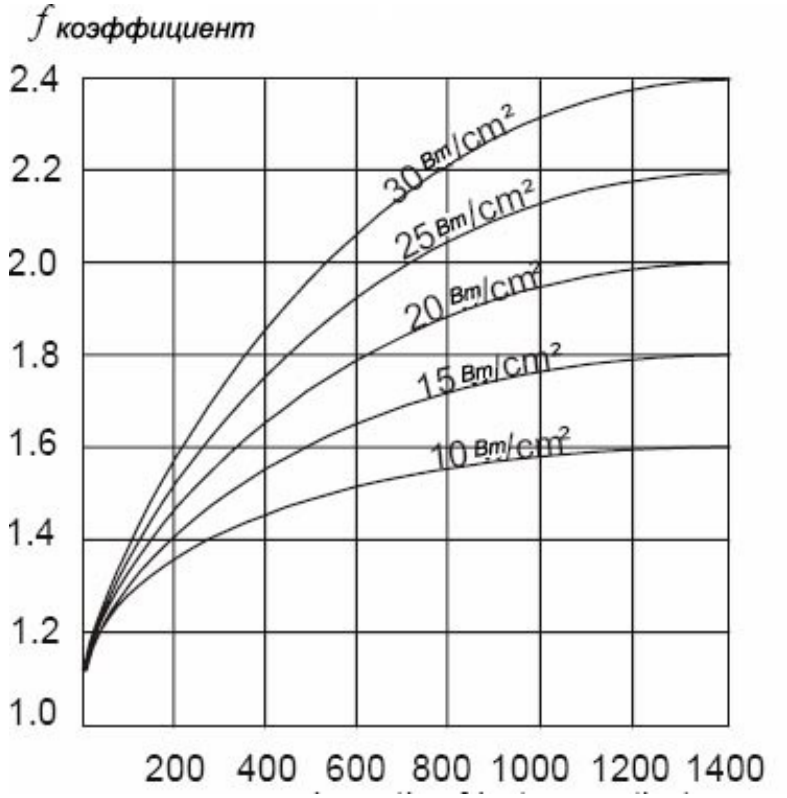
При температуре элемента свыше 1100°C электромагнетические силы вызовут изгиб двух паралелльных стержней элемента в противоположные стороны. Величина изгиба зависит от длины активной части и мощности.
Характеристики изгиба элемента должны рассматриваться для первого и последнего элемента в параллельном ряду, так как они перпендикулярны углу стены печи.

Минимальное расстояние до стены E в направлении, в котором элемент будет сгибаться больше, чем параллельное расстояние до стены (e), см рисунок 1

Максимальный изгиб произойдет для элемента с самой длинной активной частью (1400мм) и самой высокой мощностью (30 Ватт на см².

Зная длину активной части (Le) и мощность, можно определить значение коэффициента изгиба f из графика 5.

График 5



Температура элемента, °C

Значение f является одним из факторов, определяющих расстояние до стены при отклонении под действием сил магнетизма

Коэффициент f умножается на расстояние между стержнями, а для подсчета суммарного значения изгиба в обоих направлениях. Для определения значения изгиба в одну сторону, по направлению к стене, коэффициент f следует разделить на 2. Затем вычесть половину расстояния a для определения размера E. На рисунке 1 измерения указаны от стержня, а не от середины U.

Используйте следующее равенство для подсчета минимального расстояния до стены в направлении изгиба E, смотрите рис.1

$$E = e + \frac{f \times a}{2} - \frac{a}{2}$$

e – минимальное расстояние до стены после изгиба элемента и является также значением для элемента, размещенного параллельно стене (Шаг 12).

Пример: Le= 1000, a=60, удельная мощность 30 Ватт/см², e =50 мм (Шаг 12), f определяется по графику 5

Пример:

$$E = 50 + \frac{2{,}3 \times 60}{2} - \frac{60}{2}$$

E=89мм

Рекомендуемое расстояние до пола

Шаг 14

Элемент могут быть разрушен, если он касается пола или другого материала. Также важно, что Moly-D увеличивается в длину при использовании.

Минимальное рекомендуемое расстояние (hs), как показано на рис 1, между нижней частью U и полом составляет 10 мм для элементов с Le 200 мм или короче. Для элементов с длиной активной части больше 200, минимальное расстояние составляет 5% от Le.

Пример:

Для элемента с длиной Le 1000мм, рекомендуемое минимальное расстояние по вертикали до пола составляет h=1000 x 0,5, h=50 мм

Рекомендуемый диаметр отверстия для токовывода элемента.

Таблица E					
Размер элемента	3/6	4/9	6/12	9/18	12/24
Диаметр отверстия для токовывода	9мм	12мм	15мм	23мм	30мм

Рекомендуемое расстояние между параллельными элементами

Шаг 15

Важно поддерживать минимальное расстояние между элементами, так как в случае соприкосновения оба элемента выйдут из строя. Элементы, установленные параллельно стене, в линию, будут изгибаться по направлению друг к другу. Два ближайших стержня следует размещать на минимальном расстоянии, показанном на рисунке 2.

Рисунок 2

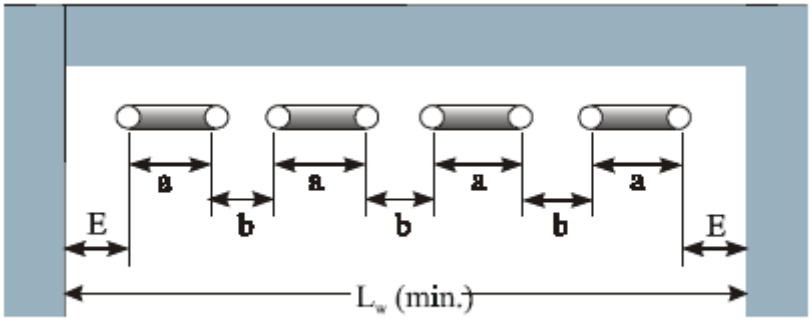
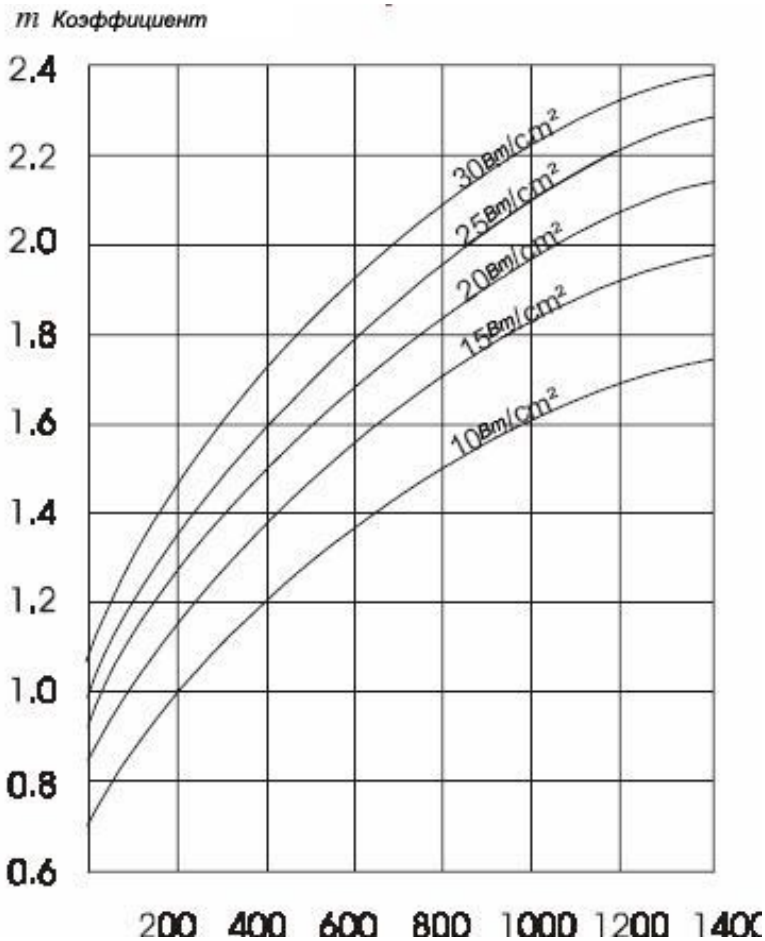


График 6 показывает коэффициент m, используемый для определения минимального рекомендуемого расстояния b между соседними стержнями элемента. Чтобы определить коэффициент m должны быть известны длина активной части Le и мощность должны быть известны. Выберите коэффициент m из графика 6. Затем используйте равенство b=a x m для определения минимального расстояния между соседними элементами:

График 6



Длина активной части в мм

Значение m является одним из коэффициентов, используемых для определения минимального расстояния между соседними стержнями для учета изгиба под действиями электромагнитных сил.

Пример:
Le=1000, a=60 поверхностная мощность = 30 Вт/см³
В графика 6 значение m определено как 2,2 тогда

b=a x m
b=60 x 2, 2
b=132 mm минимальное рекомендуемое расстояние между соседними стержнями

Значение m является коэффициентом, используемым для определения минимального расстояния между соседними стержнями для учета изгиба двух соседних стержней под действием электромагнитной силы

Метод для подсчета рекомендуемой длины стены для параллельного ряда элементов типа U

Шаг 16

Пусть значение Lw равно длине стены печи, N равно количеству элементов, a – расстояние между и стержнями элемента, b – расстояние между соседними стержнями и E – расстояние между расположенным возле стены первым и последним нагревателем в ряду, смотреть рис 2

Lw=N x (a + b) + 2E – b

Пример:

N=4 количество элементов
a=60 мм расстояние между стержнями элемента
b=132 мм расстояние между соседними ногами, Шаг 15
E=89 расстояние от стержня до стены, Шаг 13

Lw=4 x (60 + 132) + 2 x 89 – 132
Lw= 768+178-132
Lw=814 мм минимальная длина стены

Если известна длина стены (Lw), а количество элементов, которые могут быть размещены вдоль стены (N), неизвестно, то используется равенство

$N = (Lw - 2E + b) \div (a + b)$

Количество элементов должно быть целым числом. При округлении до целого числа значения всегда уменьшайте значение и никогда не увеличивайте.

Если требуется большая мощность, то большее количество элементов возможно разместить при ограниченной длине стены, размещая их перпендикулярно к стене.

В некоторых конструкциях при замене параллельного размещения перпендикулярным, возможно получить до 60% дополнительной мощности.

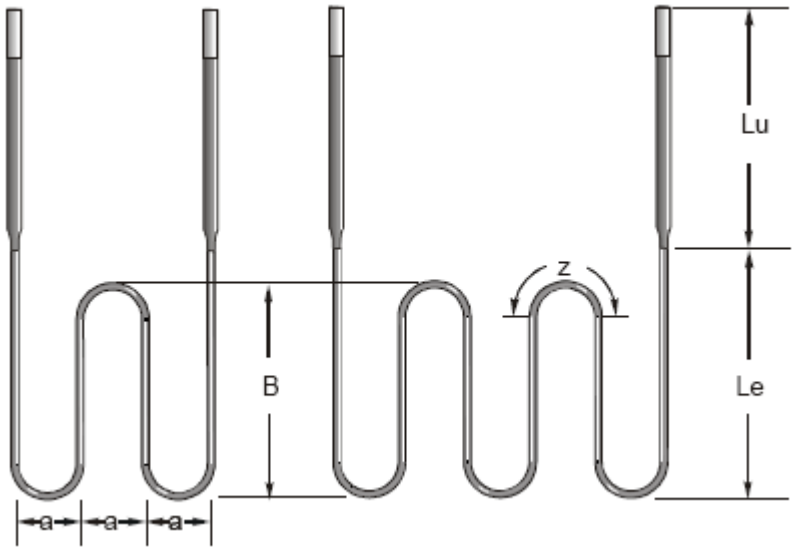
Альтернативный метод - это сделать печь выше и затем увеличить длину рабочей части. Другой способ – выбрать больший диаметр элементов.

Различные формы

Элементы Moly-D могут быть произведены различных форм. Наиболее распространен элемент типа U. Материал дисилицид молибдена размягчается и становится пластичным при температуре около 1200°C. Наиболее частый метод использования – это подвешивание элемента за токовывод, что позволит рабочей части свешиваться вертикально.

Для печей с маленькой высотой камеры используется горизонтальный монтаж элементов. В таких случаях элементы W-типа или многостержневые элементы (как показано на рис 3) могут использоваться. Температура на поверхности элемента не должна превышать 1600°C. Поставляются MD-31 типа всех диаметров и имеют два преимущества по сравнению с элементами типа U – требуется меньшее количество элементов и потери от токовыводов меньше вследствие меньшего количества токовыводов.

Рисунок 3
Многостержневые элементы



Температура элементов должна быть ограничена 1600°C. Элемент должен иметь поддержку. Если элемент размещен сверху изоляции, нет необходимости в поддерживающих крюках (скобах). Если элемент размещен под крышу, требуются поддерживающие крюки (скобы) для крепления элемента к изоляции. Если элементы размещены на боковой стене печи, они должны поддерживаться крюками или скобами.

Метод для подсчета площади поверхности, мощности и поверхностной мощности очень похож на метод, используемый для элементов U-типа.

Многостержневые элементы в соответствии с их названиями имеют 4 или более стержней. Количество элементов всегда четное и радиус изгиба меньше 180°. Средние стержни короче чем, крайние стержни.

Шаг 17

Для определения общей длины активной части многостержневого элемента в мм, где NS = количество стержней, Le – длина крайнего стержня и B = длина средних стержней, используйте равенство

$L_H = 2\,(Le) + (NS-2) \times B + (NS-1)(z)$

Значение z, длина изгиба для угла 180°, определяется из таблицы C, столбец 3.

При известной длине рабочей части, Шаги со 2го по 11ый могут использоваться для определения площади поверхности, мощности и сопротивления элемента. Убедитесь, что при выполнении Шага 3 температура ограничена 1600°C.

Изгибы в зоне токовыводов или в зоне активной части

Элементы могут поставляться с изгибами в зоне токовыводов (Lu) под 30°, 45° или 90° и с изгибом в зоне активной части 90°. Рабочая зона (Le) зона подвешена вертикально нижней частью U вниз. Смотреть рисунок 4.

Рисунок 4

Изогнутые элементы

Рекомендации по электрическому подключению

Два параллельных проводника с током притягиваются друг к другу. Если два соседних элемента Moly-D соединены к одному источнику напряжения, то ток будет протекать в одном направлении, и два соседних стержня будут притягиваться друг к другу. Когда температура элементов достигнет 1200°C, они размягчаться и подвергнуться действию электромагнитной силы. Когда два стержня касаются друг друга, они выходят из строя.

Два стержня одного этого же элемента будут иметь ток, текущий в противоположных направлениях и вследствие этого отталкиваться друг от друга. Расчет расстояния, на которые они откланяться, показан в Шаге 15.

Электромагнитные силы должны рассматриваться для однофазного, двухфазного и трехфазного соединения.

Элементы Moly-D обычно размещены с двух сторон печи или по окружности цилиндрической печи. Никогда не соединяйте элементы так, чтобы соседние элементы были соединены к одному источнику напряжения.

Для двух или трехфазных соединений действуют те же правила. Соседние элементы не следует подключать к общему источнику напряжения. Нулевая фаза или «земля» или центр «звезды» может быть соединен к соседнему к крайнему стержню. Ток течет в том же направлении, но со смещением 120° по фазе.

Выбор аксессуаров для подключения

Алюминиевая плетенка

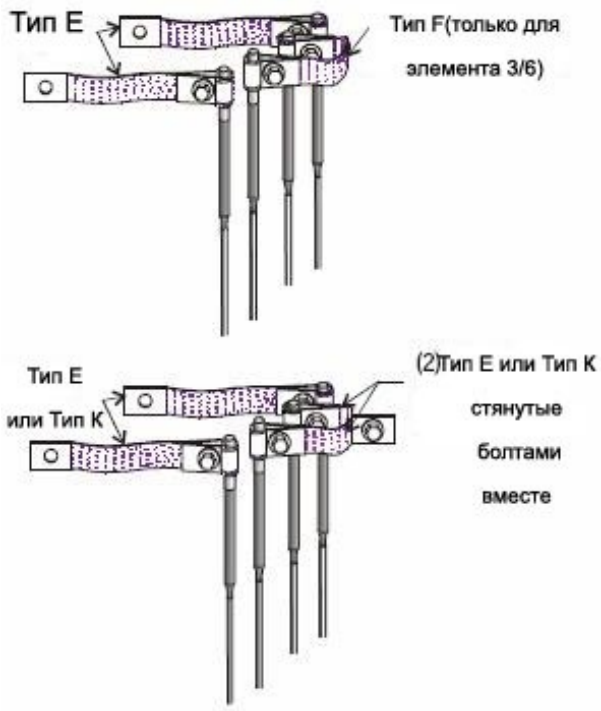
Рекомендуется использовать плоскую алюминиевую плетенку. Концы токовыводов нагреваются под действием тока, проходящего по токовыводам и от передачи тепла от активной части к токовыводам под действием теплопроводности. Используя электрические плетенки меньшего размера или из другого материала можно вызвать перегрев и выход из строя токовыводов и плетенки.

Плоские алюминиевые плетенки марки Moly-D поставляются типа E и F для элемента диаметром 3/6 и тип K для элементов диаметрами 4/9, 6/12, 9/16 и 12/24. Плетенки состоят из проводника и зажима элемента. Один конец плетенки имеет петлю, которая охватывает по окружности металлизированный алюминием конец элемента.

Гайка и болт входят в комплект и используются для затяжки плетенки к элементу.

Хотя мы предлагаем плетенку для соединения элемента к элементу (тип F) для элемента 3/6, мы не рекомендуем их использование.

Мы рекомендуем использовать плетенки типа Е или К для соединения элемента к контакту или другой плетенки типа Е или К.



Очень важно то, что первоначально плетенки стянуты прочно. После того, как элемент нагрет, следует затянуть болт и гайку еще раз. Время между затяжками должно составлять приблизительно 24 часа, так как зажим ослабевает и свободно охватывает элемент.

Если зажим ослабевает, то это вызывает недостаточный электрический контакт и высокое сопротивление, что приводит к перегреву токовыводов. Это может вызвать выход из строя элемента и плетенки.

Плетенка не должна вызывать изгиб элемента, то есть воздействовать на элемент сбоку. Изгиб элемента может привести к разрушению элемента. Мы рекомендуем рабочую длину плетенки минимум на 12 мм длиннее, чем расстояние между двумя точками контакта.

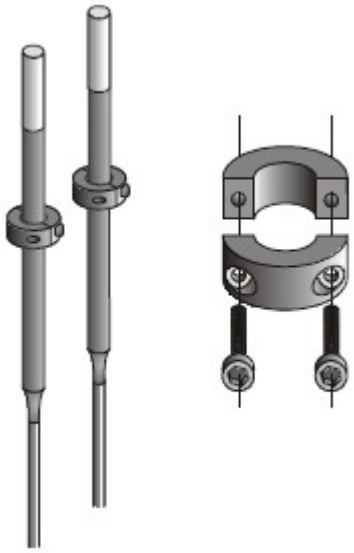
Монтаж элемента

Металлические держатели

Элементы Moly-D U-типа подвешиваются вертикально и должны крепиться за токовыводы. Металлические держатели в виде кольца на вале используются для поддержки элемента. Металлические держатели подходящего к токовыводам диаметра

(поставляются размеры 6, 9, 12, 18 и 24 мм), прикрепляются к обоим токовыводам при помощи винтов с шестиугольным пазом в шляпке.

Прикрепляйте металлические держатели так, чтобы коническая часть токовыводов не располагалась в печной стене, иначе элементы могут перегреться и выйти из строя. Если диаметр в стене уменьшается, то элемент может разрушиться и выйти из строя. Также может разрушиться изоляция вокруг выходного отверстия.



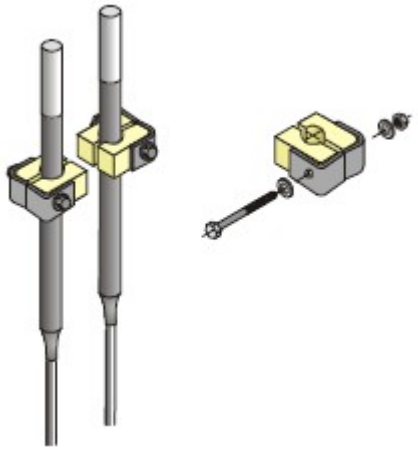
Токовыводы должны выступать за стенки печи. Рекомендуемое расстояние показано в таблице D.

Держатели элемента должны быть затянуты на элементе. Если даже один держатель не затянут, то токовывод может медленно соскальзывать в печь. Рабочая часть размягчается при температуре свыше 1200°C и будет приближаться к соседнему элементу. Это может вызвать повреждение обоих элементов.

Если эти элементы имеют изгиб в рабочей зоне или в зоне токовывода, то следует использовать металлические держатели. Элементы размягчаются при температуре и свободно перемещаются. Металлические держатели предохраняют элемент от движения вовнутрь.

Керамические элементы предлагаются для диаметров 6/12, 9/18 и 12/24. Керамические держатели используются для высокотемпературных режимов. Металлические держатели из нержавеющей стали окисляются и сложны для удаления.

Керамические держатели состоят из двух керамических серповидной формы частей, двух угловых скоб, болта и гайки. При сборке две керамические части стягиваются гайкой и болтом. Это плотное стягивание предотвращает из падение в печь.



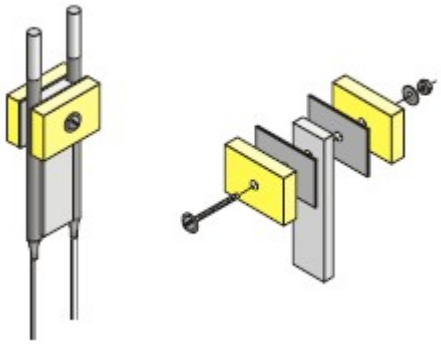
Керамические держатели

Керамические держатели выпускаются диаметрами 6/12, 9/18 и 12/24. Керамические держатели используются для применения при более высоких

температурах. Металлические держатели окисляются и иногда возникают сложности с их удалением.
Керамические держатели состоят из двух серповидных керамических частей, двух скоб из нержавеющей стали, болта и гайки. При сборке две керамические части с силой стягиваются при помощи болта и гайки. Такая сборка удерживает плотно токовывод и не позволяет ему упасть.

Керамические держатели в виде пластин

Керамические держатели в виде пластин предлагаются диаметрами 3/6, 4/9 и 6/12. Керамические пластинки стянуты болтом и крепко удерживают элемент.



Керамический держатель в виде пластины имеет высокотемпературную керамическую изоляционную плиту или перемычку, которая вставлена между токовыводами и длиной доходит до рабочей части.

Одним из преимуществ керамического держателя в виде пластины является то, что элемент может быть установлен снаружи печи. Щель сделана в обшивке печи по размеру диаметров элемента и расстоянию между стержнями.

Длина керамической перемычки (LL) должна иметь толщину изоляции печи. Перемычка должна заканчиваться там, где начинается конусообразная часть.

Держатель в виде керамической пластины подсоединяется к элементу и элемент осторожно вставляется в щель в печи.