

20. Тугоплавкие металлы

К тугоплавким относят металлы, температура плавления которых выше температуры плавления железа (1539°C), кроме металлов платиновой и урановой и некоторых редкоземельных.

Следовательно, к тугоплавким должны быть отнесены следующие металлы (см. таблицу, **слайд**).

Интерес к тугоплавким металлам в настоящее время повысился. Дело в том, что в ракетах, в сверхскоростных самолетах и подобной технике в отдельных деталях и узлах температура достигают $1500-2000^{\circ}\text{C}$, т.е. близки или даже выше, чем температуры плавления железа, кобальта или никеля – металлов, являющихся основой всех обычных жаропрочных сплавов. Для этих назначений могут быть использованы только тугоплавкие металлы.

Хотя чистые тугоплавкие металлы и обладают, по сравнению с другими, более высокой жаропрочностью, их дальнейшее легирование повышает жаропрочные свойства. Поэтому на практике применяют не чистые тугоплавкие металлы, а сплавы на их основе.

Следует также указать на исключительно высокую стойкость в кислотах, что указывает на перспективность их применения в химической промышленности.

Эти металлы кроме высокой температуры кипения, плавления и соответственно высокой температуры рекристаллизации, имеют одинаковую кристаллическую решетку – объемно-центрированную, не имеют полиморфизма, обладают высокой плотностью (кроме ванадия и хрома) и малым коэффициентом теплового расширения (кроме ванадия).

Высокая температура плавления этих металлов есть результат высоких сил межатомной связи. Перечисленные металлы – сравнительно редкие и поэтому дорогие.

Тугоплавкие металлы в виде компактной массы получают или методом порошковой металлургии или методом дуговой плавки.

Как уже говорилось эти металлы обладают объемно-центрированной решеткой, для них характерно охрупчивание при определенных температурах. Температура этого перехода зависит от природы металла и его чистоты.

Из графика видно (**слайд**), что пластичный металл ниже определенной температуры становится хрупким. Эта температура для вольфрама и хрома лежит выше комнатной, для молибдена – в районе комнатной, а для ниобия как и для железа – ниже комнатной.

Наибольшее применение из тугоплавких металлов имеют ниобий, тантал, молибден и вольфрам, часто именуемые «большой четверкой».

Взаимодействие тугоплавких металлов с другими элементами.

Промышленные сплавы

С другими тугоплавкими металлами и между собой металлы большой четверки образуют или неограниченные твердые растворы, или твердые растворы широкой гомогенности.

Металлические элементы, расположенные в периодической системе далеко от тугоплавких металлов, растворяются в тугоплавких незначительно и проявляется склонность к образованию интерметаллидов.

Особо сильное влияние оказывают элементы – неметаллы с малым атомным радиусом и образующие с молибденом, вольфрамом, ниобием, танталом и др. твердые растворы внедрения. Это приводит к выделению соответствующих фаз (оксидов, карбидов и т.п.) в дисперсной форме приблизительно в интервале температур 1800-1200 °С и резкому охрупчиванию сплава.

Поскольку действие этих элементов на свойства сплава одинаково (ухудшается пластичность за счет подъема порога хладноломкости), то для получения пластичного металла необходимо, чтобы в тугоплавких металлах сумма C+N+O составляла не более 10^{-3} %, что представляет собой трудную с практической точки зрения задачу.

Основные составы и маркировка тугоплавких сплавов представлены в таблице (слайд).

Механические свойства и жаропрочность

Наибольший практический интерес представляют свойства тугоплавких металлов при высоких температурах. Однако для характеристики этих металлов как конструкционных материалов имеет значение изменение механических свойств в широком диапазоне температур. В общем случае прочность металла при повышенных температурах тем больше, чем выше его температура плавления. Однако исследования показывают, что существует три температурных интервала:

1. В области температур выше $0,6T_{пл}$ предел прочности при растяжении определяется характером и величиной энергии межатомной связи металлов и при равном удалении от температуры плавления прочность металлов одинаковая;
2. прочность металлов в интервале температур $0,2-0,6 T_{пл}$ определяется главным образом структурой (размером зерна, наличием дисперсной фазы, наклепом и т.д.), и у разных металлов она довольно различна. В этом интервале температур свойства мало зависят от температуры;
3. В низкотемпературном интервале (менее $0,2-0,3 T_{пл}$) прочность резко зависит от температуры. Наиболее существенным в поведении металлов в этой области температур является интенсивное снижение пластичности, обусловленное переходом через порог хладноломкости.

Маркировки и свойства сплавов на основе тугоплавких металлов представлены в таблицах (слайды).

Поскольку жаропрочность различных сплавов в определенной области температур может быть почти одинаковой, при выборе того или другого сплава для работы при высоких температурах часто руководствуются другими характеристиками. Наиболее хрупким, трудным в технологическом отношении является вольфрам, поэтому сплавы на его основе применяют обычно при рабочих температурах, превышающих 2000 °С в условиях сильного эрозионного износа. Сплавы на основе тантала являются наиболее дорогими, и

поэтому в интервале температур 1000-1500 °С используют преимущественно сплавы на основе ниобия и молибдена. Наиболее жаропрочны сплавы молибдена. Их применяют при температурах выше 1200 °С и иногда до 2000 °С. Выбор молибденового или ниобиевого сплава определяется требованиями пластичности, свариваемости, коррозионной стойкости и т.д. Ниобиевые сплавы технологичнее, однако уступают молибденовым в жаропрочности и стойкости в специальных средах.

Основным недостатком большинства тугоплавких металлов является низкая сопротивляемость окислению. Однако при высоких температурах все тугоплавкие металлы являются чрезвычайно кислотостойкими.

Их применение особенно целесообразно в средах, в которых другие материалы не обладают коррозионной стойкостью. К им относятся: неорганические крепкие кислоты при повышенных температурах, а также некоторые промышленные среды.