

Содержание

1. Введение. Расположение тугоплавких металлов в Периодической системе элементов.....
2. Требования, предъявляемые к жаропрочным материалам для новой техники...
3. Достоинства и недостатки тугоплавких металлов. Области применения тугоплавких металлов.....

1. Введение. Расположение тугоплавких металлов в Периодической системе элементов

Тугоплавкими называются металлы, $T_{пл}$ которых равна или выше температуры плавления хрома ($T_{пл}^{Cr}=1863^{\circ}C$).

Они относятся к *переходным металлам* трех больших периодов Периодической системы и находятся в IVA–VIIIА группах (рис. 1).

Тугоплавких металлов (ТМ) – 13. В табл. 1 приведены температуры плавления всех ТМ металлов. Видно, что в пределах одного периода температуры плавления повышаются от I большого периода к III, так что самые тугоплавкие металлы (W, Re, Os и Ta) – трехтысячники находятся в III большом периоде.

Хотя большинство тугоплавких металлов (ТМ) известно науке давно (только три из них – Hf, Tc, и Re открыты в XX веке), широкое использование в качестве конструкционных материалов они нашли недавно – после окончания Великой Отечественной войны, особенно в 50-60-е годы. Поэтому металловедение ТМ – это относительно новый раздел науки о металлах.

2. Требования, предъявляемые к жаропрочным материалам для новой техники

В *новую технику* входят: сверхзвуковая авиация, ядерная энергетика, ракетная техника, электронная промышленность. Данная область требует создания новых материалов, которые обладают *высокой прочностью при температуре выше $1100^{\circ}C$ и даже выше $2000^{\circ}C$* . Жаропрочные стали и сплавы на основе никеля и кобальта, при таких температурах работать уже не могут. Об этом свидетельствует гистограмма (рис. 2), на которой представлены предельные рабочие температуры для жаропрочных материалов на металлической основе.

Рассмотрим основные группы жаропрочных материалов на металлической основе.

1. Жаропрочные сплавы на основе $Al(T_{пл}^{Al}=660^{\circ}C)$ и $Mg(T_{пл}^{Mg}=650^{\circ}C)$ имеют предельные рабочие температуры $300-350^{\circ}C$.

Только применение новых технологических процессов и новых технологий позволило создать материалы на Al и Mg основе, которые могут работать при $400-500^{\circ}C$. Это прежде всего:

- *КМ*, упрочненные тугоплавкими и жаропрочными волокнами;
- *дисперсно-упрочненные материалы*, типа САПов;
- *быстрозакристаллизованные сплавы*, создаваемые методом *гранульной металлургии*, в состав которых в больших количествах вводят переходные металлы (ПМ);
- применительно к магниевым сплавам, это быстрозакристаллизованные материалы, в которых гранулы получают путем кристаллизации в жидком азоте или газообразном гелии.

2. Особняком в группе жаропрочных материалов стоят медные сплавы ($T_{пл}^{Cu}=1084^{\circ}C$). Стандартные медные сплавы латуни, бронзы с низкой теплопроводностью не могут конкурировать с более дешевыми жаропрочными сталями.

Однако развитие новых отраслей техники, прежде всего ракетостроения, *потребовало создания жаропрочных медных сплавов с высокой теплопроводностью.*

Благодаря высокой теплопроводности в условиях хорошего отвода тепла такие медные сплавы (хромовые и хромоциркониевые бронзы) могут работать при температурах до $700-800^{\circ}C$. Очень перспективными являются также *внутреннеокисленные медные сплавы*, упрочнённые дисперсными частицами оксидов нанометрических размеров. Такие материалы имеют термическую стабильность до $950 - 1000^{\circ}C$.

3. Жаропрочные титановые сплавы ($T_{\text{пл}}^{\text{Ti}}=1663^{\circ}\text{C}$) с учетом последних достижений науки и техники могут работать до температур 500-650°C.

Перспективным является также метод гранульной металлургии и получение сплавов на основе интерметаллидов (типа $\alpha_2(\text{Ti}_3\text{Al})$).

4. Жаропрочные сплавы на основе $\text{Fe}(T_{\text{пл}}^{\text{Fe}}=1535^{\circ}\text{C})$, $\text{Co}(T_{\text{пл}}^{\text{Co}}=1498^{\circ}\text{C})$ и $\text{Ni}(T_{\text{пл}}^{\text{Ni}}=1455^{\circ}\text{C})$, в том числе «суперсплавы» на никелевой основе, могут длительно работать до 950-1050°C.

Современная технология создания «суперсплавов»:

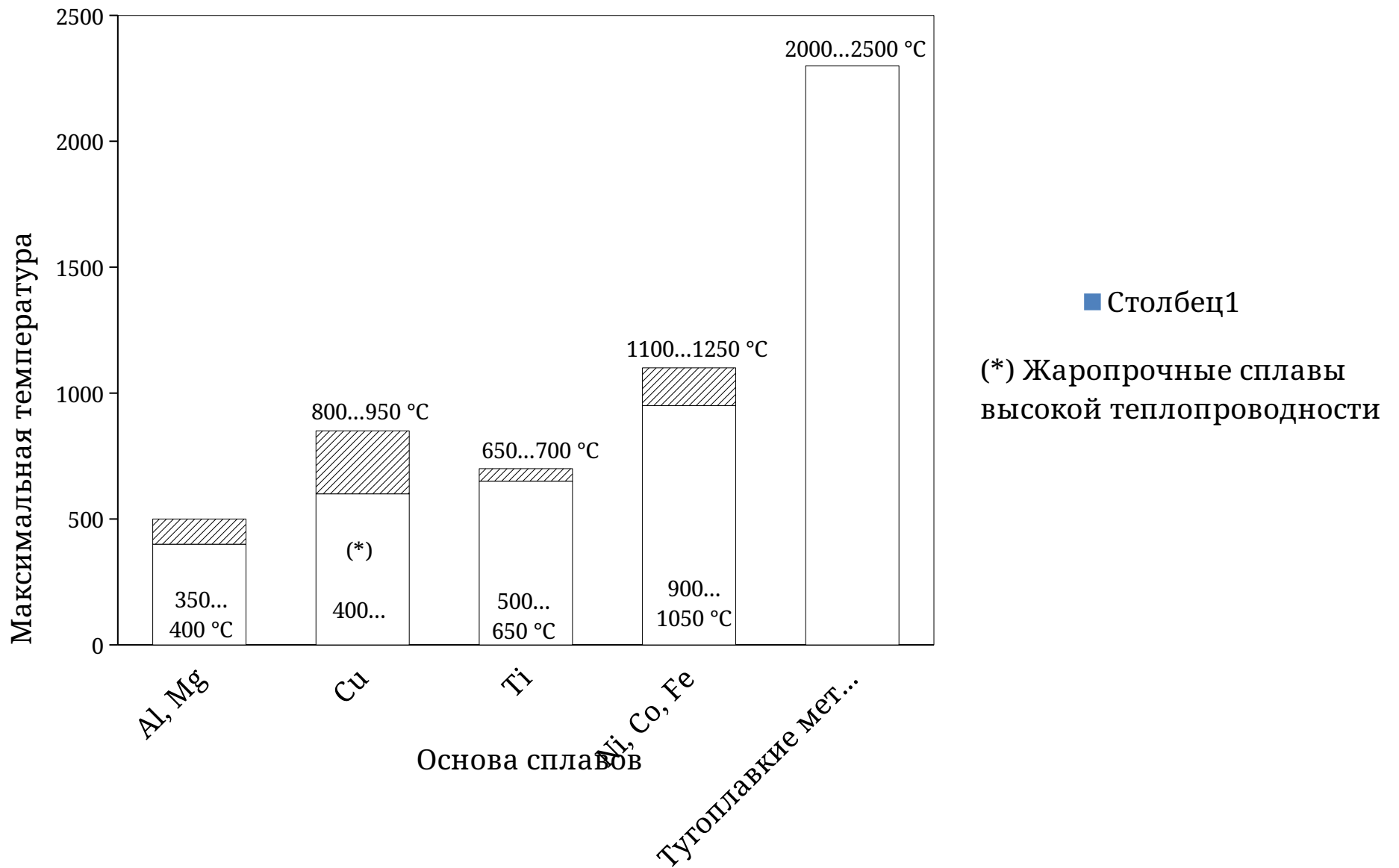
- получение быстрозакристаллизованных сплавов методом гранульной металлургии;
- монокристалльное литье лопаток турбин авиационных двигателей;
- получение направленной кристаллизацией эвтектических композиций со стержневидными жаропрочными фазами – упрочнителями;
- создание КМ, упрочненных тугоплавкими и жаропрочными волокнами;
- дисперсноупрочненные КМ и т.д. позволяет поднять потолок рабочих температур на 150-200°C до 1100-1200°C.

Анализ этих данных показывает, что у тугоплавких металлов (ТМ) как основы жаропрочных сплавов, которые могут длительно работать при температурах выше 1200°C, среди других металлических материалов конкурентов нет.

1	Номер		Номер группы											2				
Н	большого		Переходные металлы											He				
3	4		Обозначение	42	VA	VIA	VIIA	5	6	7	8	9	10					
Li	периода			IVA	VA	VIA	VIIA		C	N	VIIIA	F	Ne					
11	12	K ¹⁹				23	24		13	14	15	16	17	18				
Na	M								Al	Si	P	S	Cl	Ar				
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K	Ca	Ni ²⁸	Ti	Cr	M	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Rb	Kr		
37	38	Rb ³⁹	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rh	Ir	Y	Zr	Mo	M	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
55	56	Pd ⁴⁶	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Cs	Ba	Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
87	88	Ac	Металл →			72	73	74	75	76	77							
Fr	Ra	Lr	Т _{пл} , °C →			Hf	Ta	W	Re	Os	Ir							
						2231	3020	3422	3186	3033	2447							

Рис. 1 – Периодическая система элементов (темным цветом выделены тугоплавкие металлы)

Табл. 1 – Расположение тугоплавких металлов в периодической системе элементов и их температуры плавления



с. 2 – Максимальные рабочие температуры жаропрочных сплавов на различной основе

3. Достоинства и недостатки тугоплавких металлов. Области применения тугоплавких металлов

Благодаря уникальному сочетанию свойств в технике особое внимание отводится ниобию, танталу, молибдену и вольфраму. Их объединяет:

- высокая температура плавления;
- высокая прочность и жаростойкость;
- высокая коррозионная стойкость при низких температурах;
- доступность – рудные запасы этих металлов достаточно велики.

По уровню абсолютной и удельной жаропрочности они превосходят лучшие суперсплавы на никелевой и кобальтовой основах. Они могут применяться при температурах 1300-2500°C и выше, при которых другие сплавы работать уже не могут.

Однако эти *металлы имеют ряд существенных недостатков*, которые сдерживают более широкое применение их в технике.

К таким недостаткам следует отнести:

1. Их высокую *склонность к хладноломкости*. Особенно ярко она выражена у металлов VIA группы – Cr, Mo, W. У этих металлов технической чистоты температура перехода из хрупкого состояния в пластичное (t_{xp}) находится выше комнатной (Cr, W) или близка к комнатной (Mo). Это создает трудности при их производстве и применении.

2. Другой существенный недостаток ТМ заключающейся в их высокой склонности к окислению и к взаимодействию с другими газами воздуха при нагреве, т.е. *низкая жаростойкость*. Это делает их нетехнологичными, требует применения защитных сред в виде инертных газов (Ar, He) или вакуума при производстве полуфабрикатов и изделий.

Большинство *ТМ имеют высокую плотность* (кроме V и Cr).

Применение чистых тугоплавких металлов развивается по двум главным направлениям:

1) для сверхзвуковой авиации, управляемых снарядов, ракет и космических кораблей;

2) для электронной техники.

В обоих случаях необходимы чистейшие металлы, обладающие весьма высокой пластичностью, что достигается глубокой очисткой тугоплавких металлов от примесей внедрения.

Для изготовления обшивки сверхзвуковых самолетов и ракет требуются листы из чистых молибдена и ниобия, обладающие большей удельной прочностью, чем тантал и вольфрам, до 1300°C .

В более тяжелых условиях работают детали воздушно-реактивных, ракетных и турбореактивных турбин. Для изготовления этих деталей, работающих при температурах до 1370°C , целесообразно применять чистые молибден и ниобий, но при более высоких температурах пригодны лишь тантал и вольфрам. Для работы при температуре выше 1370°C наибольший интерес представляет чистый тантал и его сплавы, которые имеют сравнительно высокую пластичность при таких температурах, а по жаропрочности не уступают вольфраму.

В наиболее жестких условиях работают детали газовых турбин. Для таких деталей наиболее подходят чистый ниобий и сплавы на его основе, обладающие приемлемым сопротивлением окислению.

Чистейшие тугоплавкие металлы находят разнообразное применение в электронной и вакуумной технике. Тантал является хорошим геттером и широко используется при производстве электровакуумных радиоламп. Ниобий применяется в электровакуумной технике для изготовления анодов, сеток, трубок и других деталей. Молибден и вольфрам используют в электровакуумных приборах и радиолампах для изготовления нитей накаливания, электродов, крючков, подвесок, анодов и сеток.

Высокочистые и беспористые монокристаллы вольфрама находят применение в качестве подогревателей катодов в электровакуумных приборах, для электрических контактов, в вакуумных переключателях, в вводах в вакуумные установки — там, где отсутствие газов является важным фактором.

Чистые тугоплавкие металлы, изготавливаемые с применением электронно-лучевой плавки, найдут непосредственное применение в производстве миниатюрных электронных приборов. Интерес представляют покрытия из чистых тугоплавких металлов, получаемые напылением или термическим разложением соединений тугоплавких металлов.

Чистые ванадий и ниобий благодаря малому поперечному сечению захвата тепловых нейтронов успешно применяются и в ядерной энергетике. Из ванадия изготавливают тонкостенные трубы для атомных реакторов, оболочки тепловыделяющих элементов, так как он не сплавляется с ураном и имеет хорошую теплопроводность и достаточную коррозионную стойкость.

Чистый ниобий не взаимодействует с расплавленным натрием и висмутом, которые часто применяют в качестве теплоносителей, и не образует с ураном хрупких соединений.

Чистый тантал благодаря его высокой коррозионной стойкости применяют для изготовления деталей химической аппаратуры, работающих в кислых агрессивных средах, например при производстве искусственного волокна. В последнее время тантал здесь часто заменяют чистым ниобием, который дешевле и более распространен в природе. Аналогичные области применения имеет и чистый хром. Этими примерами далеко не исчерпываются все расширяющиеся области применения чистейших тугоплавких металлов.