



ЦВЕТНИ МЕТАЛИ И СПЛАВИ

1. Мед и медни сплави
2. Алуминий и алуминиеви сплави
3. Титан и титанови сплави
4. Магнезий и магнезиеви сплави
5. Метали с висока температура на топене
6. Метали с ниска температура на топене



1. Мед и медни сплави

Медта е метал с характерен бледорозов цвят и относителна плътност $8,9 \text{ g/cm}^3$. Температурата на топене е 1083°C – по този показател тя е в долната граница на групата на металите с висока температура на топене ($1000\text{--}1500^\circ\text{C}$). От физичните свойства трябва да се отбележат високата електропроводност ($\rho=1,55 \cdot 10^{-6} \text{ }\Omega \cdot \text{cm}$) и топлопроводност. По тези показатели тя отстъпва само на среброто. По химически свойства се доближава до благородните метали. В среда от сух въздух се окислява слабо, а във влажна атмосфера потъмнява поради образувания меден оксид. В присъствие на CO_2 образува слой от меден хидрооксикарбонат – **патина**. Разтваря се от азотна, гореща концентрирана сярна и други киселини. Медта няма фазови превръщания в твърдо състояние. Кристалната ѝ структура е стенноцентрирана кубична (СЦК).

В присъствие на допълнителни химични елементи свойствата на медта се променят. Според начина на взаимодействие с медта елементите се разделят на три групи:

Неразтворими – Pb и Bi;

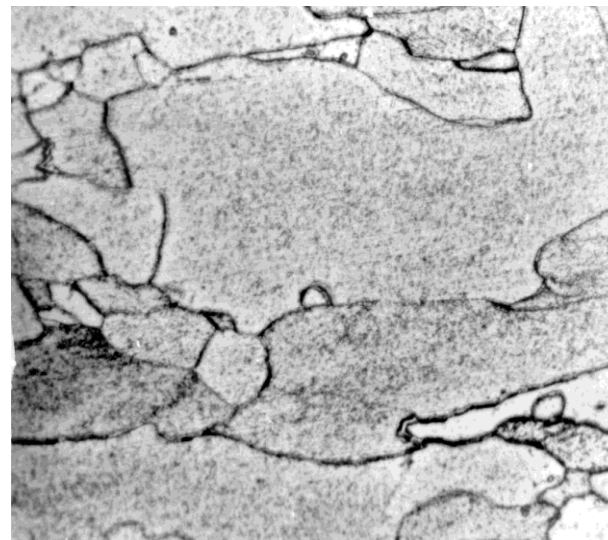
Елементи, които образуват твърди разтвори – Al, Zn, Fe, Ni, Cd, Au;

Елементи, които образуват химични съединения – P, S, O₂ и други.

Структура и свойства на медта



а)



б)

Фиг. 1.1 Микроструктура на мед: а-отгрята; б-деформирана

Медни сплави - класификация

Според химичния състав:

медно-цинкови сплави (месинги), бронзи (сплави с всички останали елементи без никел), медно-никелови сплави.

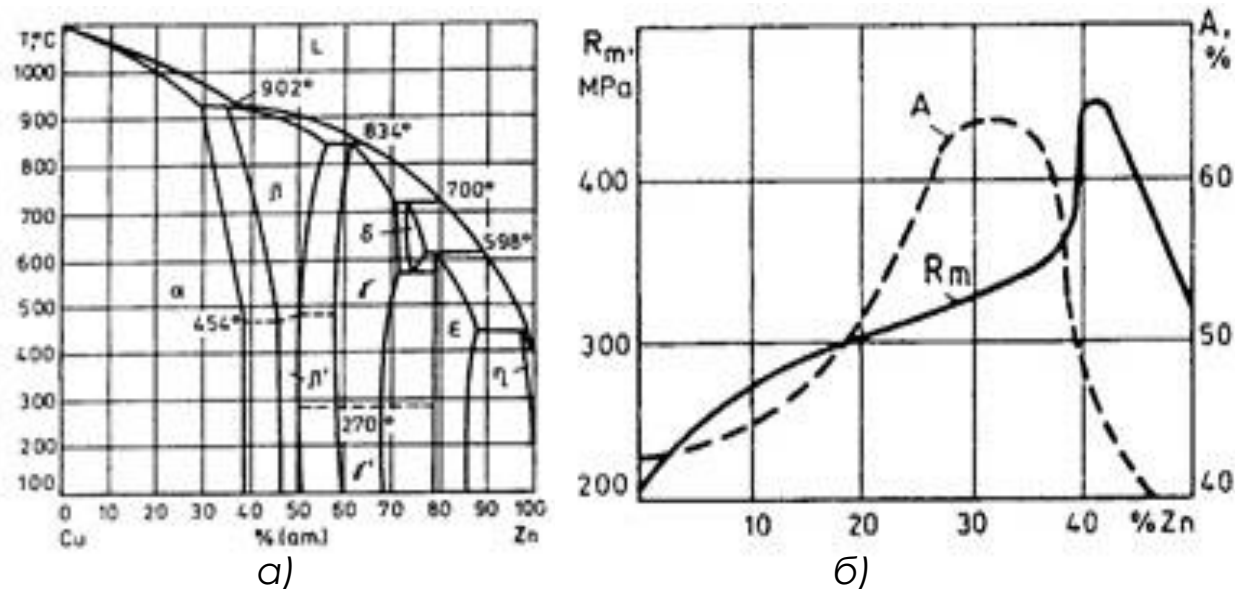
Според технологичните си свойства:

леярски, деформируеми, термично уякчаеми и, термично неуюкчаеми.

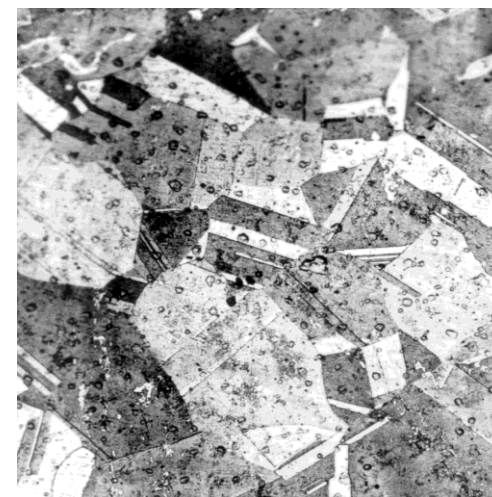
Месинги

Месингът е сплав на медта с цинк. Ако не се съдържат допълнителни химични елементи, той е обикновен, а ако има такива – е легиран. На фиг. 1.2 са дадени диаграмата на състоянията Cu-Zn (а) и зависимостта на механичните свойства якост на опън R_m и относително удължение A от съдържанието на цинк (б).

При съдържание на Zn до 32% структурата на месинга е еднофазна – α -разтвор със стенноцентрирана кубична кристална решетка – фиг. 1.3. Тези сплави са много пластични и се обработват чрез студена и гореща деформация.



Фиг. 1.2 Диаграма на състоянията Cu-Zn (а) и механични свойства на месинги в зависимост от съдържанието на цинк (б)



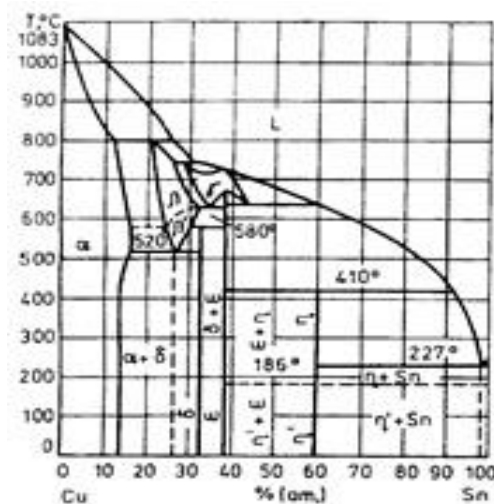
Фиг. 1.3 Микроструктура на еднофазен месинг₄

Калаени бронзи

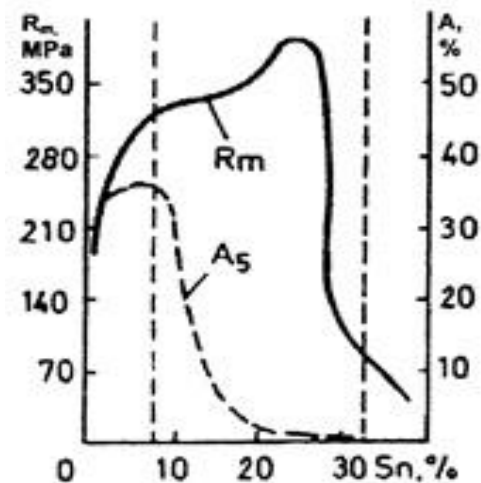
Бронзи са сплавите на медта с всички елементи без Zn и Ni. Класическият бронз е медно-калаена сплав. Структурата на този бронз може да се изучи с помощта на диаграмата Cu-Sn – фиг. 1.4 а. Изменението на якостта и пластичността на сплавите е показано на фиг. 1.4б.

Фиг. 1.4

а – диаграма на състоянията Cu-Sn ;
б – механични свойства на бронзи в зависимост от съдържанието на Sn)



а)

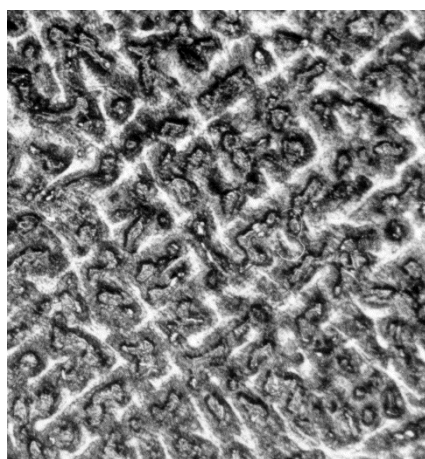


б)

При съдържание на калай до 8% структурата на бронза е α -твърд разтвор – фиг. 1.5а. При повече от 8% е α -твърд разтвор + евтектоид ($\alpha + \beta$), защото евектоидното разпадане $\delta \rightarrow (\alpha + \epsilon)$ се постига много трудно в реални условия – фиг. 1.5б.



а)



б)

Фиг. 1.5
Структура на калаен
бронз:
а – 5% Sn;
б – 10% Sn и 2% Pb

Поради малкия коефициент на свиване калаените бронзи са много добър лярски материал. Те не образуват концентрирана всмукнатина, а разсеяна пористост. Плътността на отливките може да се увеличи, като се увеличи скоростта на охлаждане по време на кристализация. Тогава на повърхността се образува тънка корица от фини кристалчета.

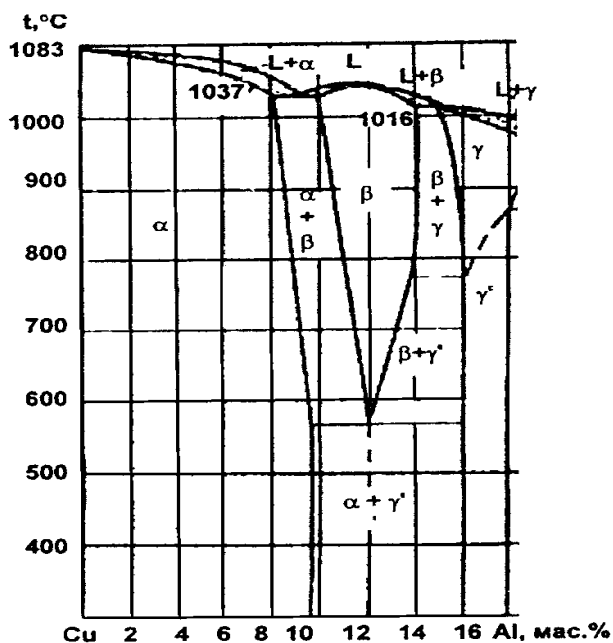
При бронзи със съдържание на $\text{Sn} > 14\%$ твърдостта рязко се повишава, а пластичността намалява поради отделянето на твърда фаза.

Калаените бронзи могат да се легират с Zn за повишаване на тънколивкостта, с Ni и Al за корозионна устойчивост, плътност и якост при повишени температури.

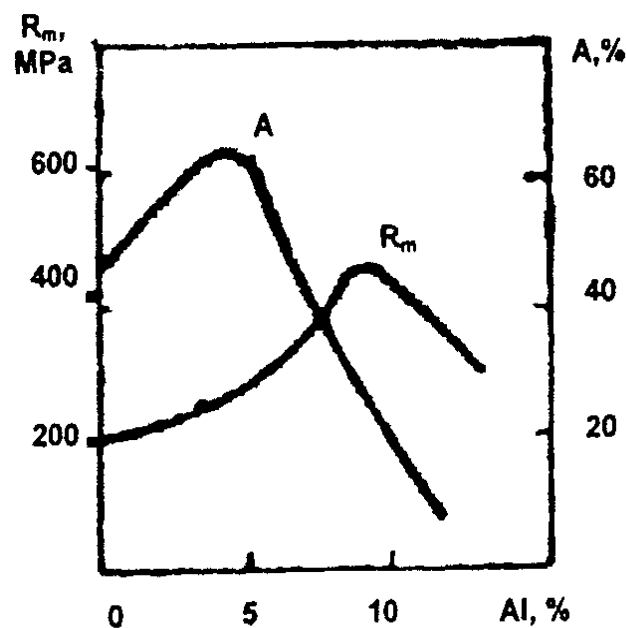
Калаените бронзи се използват за изработване на машинни детайли, антифрикционни елементи и художествени изделия.

Алуминиеви бронзи

Диаграмата Cu-Al е показана на фиг. 1.6а. Изменението на механичните свойства (R_m и A) – якост на опън и относително удължение, е дадено на фиг. 1.6б. При ниски съдържания на алуминий структурата е α -твърд разтвор със стенноцентрирана кристална решетка (СЦК) и висока пластичност. β -фазата е твърд разтвор на база съединението Cu_3Al .



а)



б)

Фиг. 1.6 а–диаграма на състоянията Cu-Al; б–механични свойства на алуминиеви бронзи в зависимост от съдържанието на Al



Берилиеви бронзи

Берилиевите бронзи се отличават с особено добро съчетаване на механични и антикорозионни свойства. Те могат да се подлагат на термично обработване – закаляване и стареене. В резултат, якостта се увеличава от 500 на 1200 МПа.

Благодарение на много доброто съчетаване на якост и жилавост берилиевите бронзи са отличен материал за изработване на еластични елементи с голяма отговорност – пружини, мембрани, контакти в различни машини. Приложението му се ограничава поради високата дефицитност на берилия.

Оловни бронзи

Сплавите от системата мед-олово отговарят много добре на структурните изисквания към антифрикционните сплави – да имат мека структурна съставка, в която да са вградени по-твърди частици. Оловните кристали кристализират последни и запълват междудендритните пространства на образуваните по-рано медни кристали. Оловната съставка служи за буферен слой между шийката на вала и по-твърдите медни кристали.



2. Алуминий и алуминиеви сплави

Алуминият се отнася към групата на леките метали. Плътноста му е $2,7 \text{ g/cm}^3$, като с по-малка плътност от конструкционните материали е само магнезият. Това свойство го прави много ценен за транспортното машиностроене – авиация, автомобилна и железопътна техника.

По показателя температура на топене той е лесно топим метал – 660°C . Има висока електро- и топлопроводимост. Електропроводността му е 65% от тази на медта. На тази основа е приложението му в електротехниката и топлотехниката за изработване на електрически проводници, радиатори, съдове и др. Алуминият е пасивен във въздушна атмосфера. На повърхността му се образува тънък окисен слой с дебелина 5–10 nm. Обемът на окисния слой е приблизително равен на обема на алуминия; плътността му е висока, а връзката с алуминия – здрава. Така той предпазва алуминия от по-нататъшно окисляване.

Алуминият е много устойчив в органични киселини. По тази причина се използва широко в хранително-вкусовата промишленост и в бита за производство на хранителни съдове, цистерни за мляко и други продукти. В неорганични киселини HCl , HF и основи е неустойчив и се разтваря бързо.



От технологичните качества трябва да се отбележат високата пластичност, трудната обработваемост чрез рязане, добрата заваряемост и леярските свойства.

Алуминият няма фазови превръщания в твърдо състояние. . Той е мек и пластичен метал. Кристалният строеж е стенноцентрирана кубична решетка.

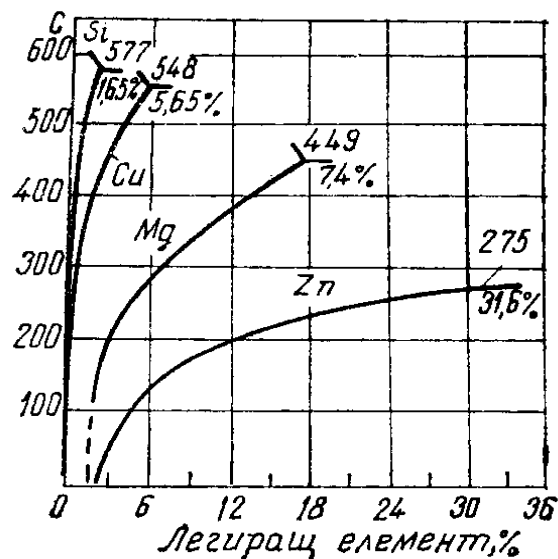
Основен показател при класифициране на алуминиевите сплави е технологичната им обработваемост.

Според начина на изработване на детайлите сплавите на алуминия се разделят на **леярски** и **деформируеми**, а според възможностите им да се уякчават термично – на **неуякчаеми** и **уякчаеми**. Класифицирането може да се обоснове чрез диаграма, която показва връзката между химичния състав на сплавите, структурата и технологичните свойства. Химичните елементи, които се използват за легиране на алуминия, Si, Cu, Mg, Zn имат еднотипно взаимодействие с него. На фиг. 2.1 са дадени началните области на диаграмите на състоянията Al-Si, Al-Cu, Al-Mg, Al-Zn, а на фиг. 2.2 – част от обобщената диаграма Al-легиращ елемент.

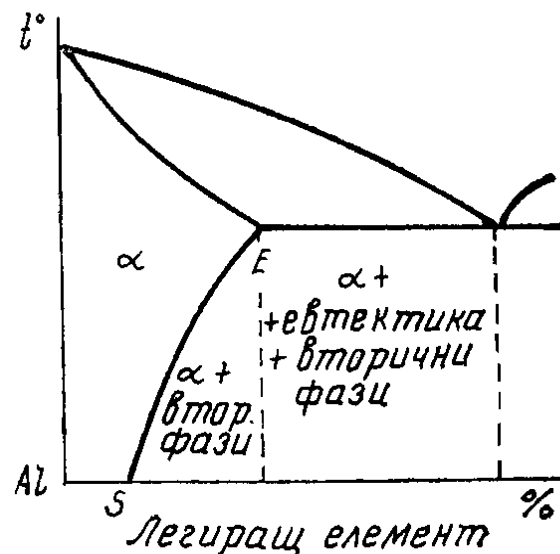
При малки количества те се разтварят, като образуват твърд разтвор, а при по-големи се получава евтектична структура.



Тези две основни структури определят технологичните свойства. Твърдите разтвори имат добра пластичност и на тази основа сплавите са деформируеми. Евтектичните структури са с добри лярски свойства и затова сплавите са лярски.



Фиг. 2.1 Начални области на диаграмата на състоянията Al-Si, Al-Cu, Al-Mg, Al-Zn



Фиг. 2.2 Обобщена диаграма на състоянията Al-легиращ елемент

Легиращите елементи в алуминиевите сплави се разделят на три групи – основни, допълнителни и модификатори. Към основните се отнасят Cu, Si, Mg, Zn. Допълнителните (Mn, Ni, Cr) се прибавят само при наличие на един или повече от основните, за да се подобри якостта при повишени температури и др. свойства.



Деформируеми, уякчавани с наклеп сплави

При легиране на алуминия с магнезий се получават сплави, които могат да се уякчават чрез студена пластична деформация. Може да се добави и манган за подобряване на корозионната устойчивост. Сплавите от тази група имат ниска якост и са пластични. Използват се за изработване на леко и средно натоварени конструкционни елементи. Основен метод за тяхното изработване е студената пластична деформация – валцоване, пресоване, изтегляне. В хода на технологичния процес изделията се уякчават в необходимата степен. Най-широко се употребяват сплавите AlMg3; AlMg5; AlMgSi.

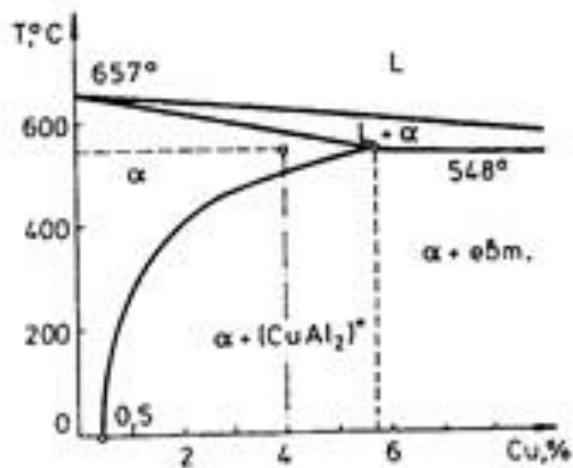
От сплав AlMg3 и AlMn1 се изработват профили за витрини, врати, прозорци и други ненатоварени детайли. За натоварени детайли и конструкции във вагоностроенето, корабостроенето и при подежни съоръжения се използват AlMg5 и AlMgSi.

Деформируеми, уякчавани с термично обработване сплави

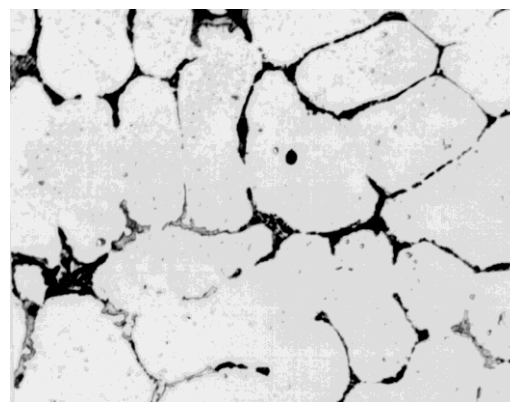
Деформируемите алуминиеви сплави, които се уякчават с термично обработване се наричат дуралуминий. Те съдържат около 4% Cu и до 1% Mg (фиг. 2.3а), както и малки количества от естествените спътници на алуминия – Fe, Si, Mn.

В резултат на взаимодействието на тези елементи с алуминия и помежду им се образуват уякчаващи фази CuAl_2 , Mg_2Si , Al_2MgCu (наречена S-фаза), които са разтворими при нагряване. На фиг. 2.3б е показана структурата на лят дуралуминий с 4% Cu и 2% Mg. Най-употребяваните състави са AlCu_4Mg , AlCu_4SiMn , $\text{AlZn}_6\text{Mg}_2\text{Cu}$.

Уякчаващото термично обработване се състои от закаляване и стареене. За разлика от закаляването при стоманите, тук се фиксира преситен твърд разтвор, от който вторичната фаза се отделя след известно време спонтанно или пък при нагряване до определени температури.



а)



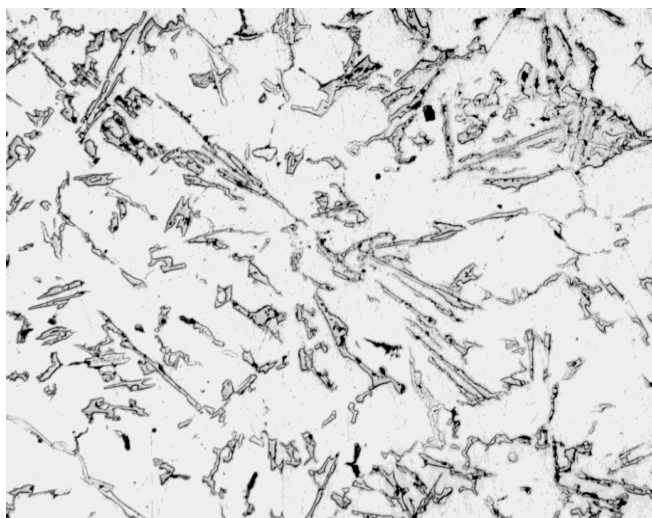
б)

Фиг. 2.3 а – диаграма на състоянията Al-Cu;
б – структура на лят дуралуминий с 4% Cu и 2% Mg

Леярски алуминиеви сплави (силумини)

Леярски са сплавите на алуминия със силиция. Те се наричат **силумини**. Диаграмата на състояние Al-Si е диаграма с ограничена разтворимост и евтектикум като, алуминият и силицият не се разтварят един в друг. Практическо приложение намират сплавите със съдържание на силиций около евтектичното. Структурата се състои от евтектикум (α -твърд разтвор + Si кристали) и първично отделени силициеви кристали (фиг. 2.6).

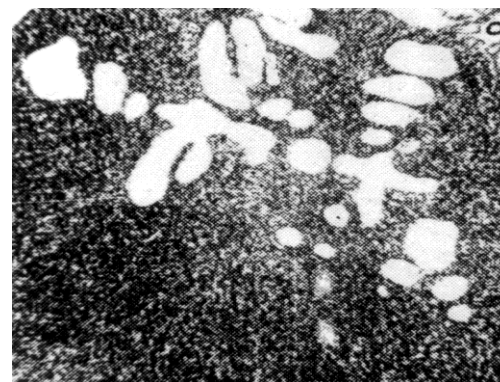
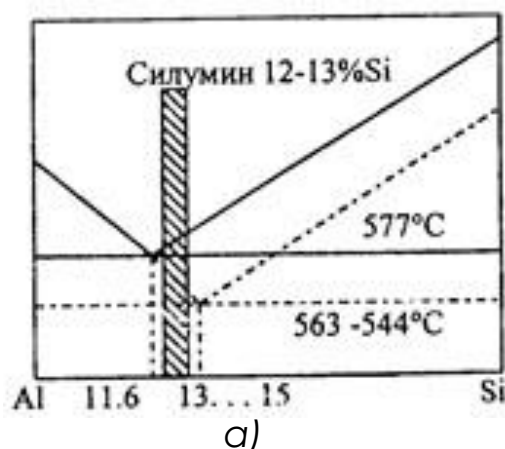
Тя има висока тънколивкост, тесен интервал на кристализация и ниска температура на топене.



Фиг. 2.6 Структура на хипоевтектичен лят силумин с 13% силиций



За да се получи добра обработваемост, силумините се модифицират, като се намалява евтектичната температура и евтектичната концентрация се измества надясно (фиг. 2.7а). Тогава надевтектичните сплави стават подевтектични, получават структура α -твърд разтвор + евтектикум (α тв.р-р+Si кристали) и имат по-добри технологични и механични свойства. На фиг. 2.7б е показана структурата на силумин след модифициране.



Фиг. 2.7 а – диаграма на състоянията Al-Si ;б – структура на силумин след модифициране

Всички леярски сплави се подлагат на **хомогенизиращо отгряване**, за да се подобри пластичността им. Сплави от вида на AlSi10Mg и AlSi7Mg се използват за изработване на натоварени детайли от двигатели с вътрешно горене поради доброто съчетание от леярски качества, възможност за уякчаване чрез термично обработване и висока топлоустойчивост.



3. Титан и титанови сплави

Титанът е на четвърто място по разпространение в земната кора след алуминия, желязото и магнезия. Той е метал със сребристобял цвят, малка плътност -4.5 g/cm^3 и висока температура на топене -1672°C . Титанът е полиморфен материал: от 20°C до 882°C кристалната му решетка е хексагонална плътно опакована (Ti_α), над 882°C – обемно центрирана кубична (Ti_β). Има висока корозионна устойчивост на въздух, в сладка и солена вода, в някои киселини. Ефектът се дължи на образуване на пасивиращ оксиден слой от TiO_2 .

Титановите сплави намират широко приложение в авиацията, ракетостроенето, корабостроенето, химическата промишленост и др. Използват се за обшивки на свръхзвукови самолети, детайли от реактивните авиационни двигатели (дискове и лопатки на компресора), корпусите на ракетни двигатели, съдове за съгъстени газове, обшивки на кораби и подводници и др.

Според структурата, която се получава при охлаждане на въздух, промишлените титанови сплави се делят на **α -**, **$\alpha + \beta$** и **β -** сплави.

Според технологията на изработване сплавите на титана се делят на 2 групи - **деформируеми** и **леярски**.



Деформируеми титанови сплави. От тази група най – често се използват сплави със структура : α и $\alpha + \beta$

Сплави с α структура (Ti Al₅). Имат средна якост при 20°C, високи механични свойства при повишени температури (500°C). Отличават се с много добра заваряемост. Якостта на заваръчния шев е 90% от тази на основния метал. Обработването чрез рязане е удовлетворително. Недостатък е, че не могат да се уякчават с термично обработване.

Двуфазни $\alpha + \beta$ сплави. Имат най-добро съчетание от технологични и механични свойства. Легирани са с алуминий и β -стабилизатори -V, Mo, Cr, Fe. Подлагат се на уякчаващо термично обработване – закаляване и стареене. В отгрято и закалено състояние имат добра пластичност, а след стареене – висока якост при 20°C и повишени температури.

Леярски титанови сплави

Тези сплави се отличават с добри леярски свойства – запълване на формата и плътност, малък коефициент на линейно свиване (1%). Обемното свиване е 3%. Недостатъците се състоят в това, че поглъщат газове при топене и разливане на течния метал. Препоръчва се тези операции да се провеждат в неутрални среди или вакуум.



4. Магнезий и магнезиеви сплави

Магнезият е най-лекият метал, с относителна плътност $1,74 \text{ g/cm}^3$. Това е метал с характерен сребристобял цвят и силен метален блясък. Температурата на топене на магнезия е 650°C , а на кипене – 1100°C . Кристалната решетка на магнезия е хексагонална плътнопакетована. Якостта му на опън варира в границите от 100 МПа в лято състояние до 200 МПа в ковано. При високи температури магнезият се съединява с азота. На практика намират приложение сплавите на магнезия с цинк, алуминий.

5. Метали с висока температура на топене

Към тази група се отнасят металите с температура на топене над 1539°C : хафний, рутений, осмий, рений, както и по-достъпните цирконий, хром, ванадий. С най-висока температура на топене и в същото време достъпни материали са волфрам, молибден, ниобий и тантал.

Тези метали имат кубична обемноцентрирана решетка, а механичните им характеристики зависят от степента на чистота, от работната им температура и от деформационното уязвяване.

Характерна особеност за тази група метали е високата им крехкост, която рязко се повишава с намаляване на температурата.



Материалите от тази група намират приложение в електровакуумните апаратури, където могат да работят в условията на високи температури, ниско налягане и под въздействие на електрични и магнитни полета. Използват се също за осветителни тела, а поради добрите корозионноустойчиви свойства някои техни сплави се използват в химическата промишленост.

6. Метали с ниска температура на топене

Цинк. Цинкът е с плътност $7,14 \text{ g/cm}^3$, якост на опън (20-180) МПа, твърдост (30—36) НВ. Притежава ниска температура на топене — 419°C . Цинкът има синкавобял цвят и силен метален блясък. Притежава добра тънколивкост, а при 150°C става ковък. Кристализира в хексагонална решетка без полиморфни превръщания. Приложение намира във вид на ленти, ламарина и тел. Използва се за цинкуване на ламарини и като сплавен елемент. Основни сплавящи елементи в техническите сплави на цинка са алуминий и мед. Цинковите сплави намират приложение като антифрикционни лагерни материали и като припои в електротехниката.



Калай. Метал с плътност $7,3 \text{ g/cm}^3$, якост на опън (20-40) МПа, твърдост (4-5,6) НВ. Цветът на калая е сребристобял. Той е мек, пластичен и може да се валцова на много тънки листове. Използва се за покриване на ламарина. Основно калаят намира приложение за изработване на съдове и фолио за хранителната промишленост. В техниката се използва като припой и за изработване на антифрикционни детайли. Поради това, че е много скъп и дефицитен, е необходимо да се заменя с други елементи.

Олово. Плътността му е $11,34 \text{ g/cm}^3$, якостта на опън (11-30) МПа, твърдостта — (2,4-5) НВ. Оловото е тежък, лесно топим метал, със синкавобял цвят. Устойчиво е срещу действието на сярната киселина и затова се използва за изработване на съдове, в които тя се произвежда и транспортира. Широко приложение намира при производството на акумулатори, чиито плочи се изработват от сплави на оловото с антимон и оловен диоксид. Около 20% от произвежданото олово се използва за обвивка на кабели, най-често подземни. Оловото се произвежда във вид на блокове, листове, тръби и фолио. Оловото се използва като сплавен елемент в различни антифрикционни сплави. Недостатък на оловото и неговите съединения е, че са токсични.



Използвана литература:

1. Анчев В., В. Тошков, Л. Василева, Ж. Захаридова, Ж. Калейчева, Й. Николов, Р. Петров, В. Симеонов, «Ръководство за лабораторни упражнения по материалознание», София, ИК «КИНГ», 2001;
2. Балевски А., «Металознание», София, ДИ «Техника», 1988;
3. Бучков Д., М. Кънев, «Материалознание», София, Изд. «Техника», 2007;
4. Гогачев Ив, В. Анчев, В.Тошков, В. Бахаров, Б. Дойчев, Н. Кемилев, Николов Й., «Ръководство за лабораторни упражнения по металознание и термична обработка на металите», Изд. «Техника», 1978;
5. Желев А., «Материалознание – техника и технологии», том I «Получаване на машиностроителните материали», София, 1999;
6. Желев А., «Материалознание – техника и технологии», том II «Технологични процеси и обработваемост», София, 1999;
7. Калев Л., «Технология на машиностроителните материали», София, ДИ «Техника», 1974;
8. Кемилев Н., Н. Тончев, «Материалознание и технология на материалите», Изд. «Виртуален център», София, 2006;
9. Цанков Ц., Г. Попов, Г. Пецов, «Обработване на металите чрез пластична деформация», София, Изд. Техника, 1995;
10. Сторожев М., Е Попов, «Теория обработки металлов давлением», М., «Машиностроение», 1977;
11. Kalpakjian S., S. Schmid, «Manufacturing processes for engineering materials», Prentice-Hall, 2001.



Материалът е подготвен от:

доц. В. Камбуров, гл. ас. Р. Димитрова, доц. Р. Рангелов, инж. А. Димитрова, катедра «Материалознание и Технология на Материалите», ТУ-София.