

5. МАШИНСКИ МАТЕРИЈАЛИ

5.1. Видови материјали

Во зависност од составот, структурата и физичките особини се разликуваат 4 видови на машински материјали:

- метали;
- керамика;
- полимери; и
- комбинирани материјали.

Иако бројот на металите е многу голем, само дваесетина од нив се наоѓаат во природата во облик кој овозможува нивна екстракција, преработка и обликување, и постои погоден начин за нивна примена во индустријата.

Керамичките материјали се составени од комбинација на метални и неметални елементи. Воглавно се базираат на глината како основен материјал, меѓутоа постојат и други видови керамички материјали.

Пластичните материјали (неметални-органски) се хемиски соединенија на различни видови на неметали. Најголемата група, која се користи во индустријата, се базира на комбинации на јагленород и водород, со додатоци на азот, кислород, сулфур, итн. Можат да бидат природни (гума, волна, свила, итн.), или индустриски произведени.

Комбинираните материјали содржат комбинации на првите три групи на машински материјали.

5.2 Метали

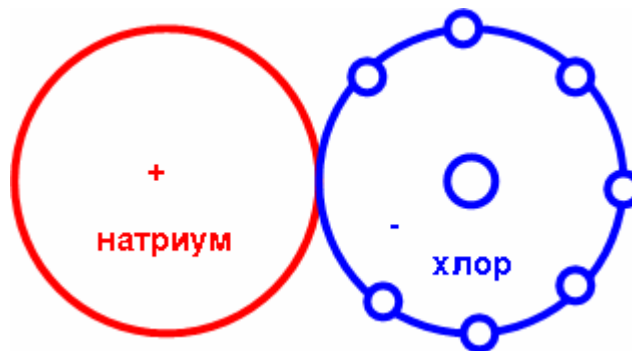
Металите и легурите припаѓаат на групата на цврсти кристални тела. Ако атомите, кои ги сочинуваат овие тела, се замислат како мали сфери, фигуративно може да се каже дека истите се лоцирани во јазлите на тридимензионални правилни решетки, во комбинации зависни од природата на конкретниот метал. Кога се зборува за кристални тела, оние кој имаат метални решетки се одликуваат со специфична природа на меѓуатомските сили, кои обезбедуваат кохезија и крутост на решетката.

Едноставен пример на таква решетка е решетката на натриум хлоридот. Атомите на хлорот и натриумот, од кои истата се состои, ги завземаат "јазлите" на коцките, кои ја образуваат решетката. Атомот на натриумот во натриум-хлоридот поседува едновалентен електрон, кој само треба да отстапи место на еден електронегативен атом на хлор, за овој да ја пополни надворешната лушпа на валентните електрони (слика 5.1); според тоа кристалот на натриум хлоридот се состои од позитивни јони на натриум и негативни јони на хлор. Врските во него се обезбедени пре-

ку привлечните и одбивните електростатички сили, во кои валентните електрони не се слободни да се движат под дејство на електричното поле. Според тоа, еден таков “јонски” кристал е слаб проводник на електрицитет.

Спротивно на претходниот случај, во металните кристали, атомите кои ги завземаат местата на јазлите на кристалната решетка немаат валентни електрони врзани за посебен јон, туку се сите заеднички. Групата на валентните електрони на сите атоми формира електронски облак, кој обезбедува кохезија на кристалот. Електростатичките сили се одбиваат помеѓу позитивните јони, кои настанале заради загубата на валентните електрони. Бидејќи валентните електрони не се врзани за посебни јони, тие можат да се движат под дејство на електрично поле. Затоа и металите се добри проводници на електрична енергија. Всушност, оваа особина и „металниот” сјај се главни препознатливи особини на металите.

Кај металите се појавуваат три главни кристални системи: просторно центрирана кубна решетка, површински центрирана кубна решетка и густо сложен хексагоналан систем (слика 5.2).



Слика 5.1 Кристална структура на натриум хлорид



Слика 5.2 Три основни системи на кристални решетки

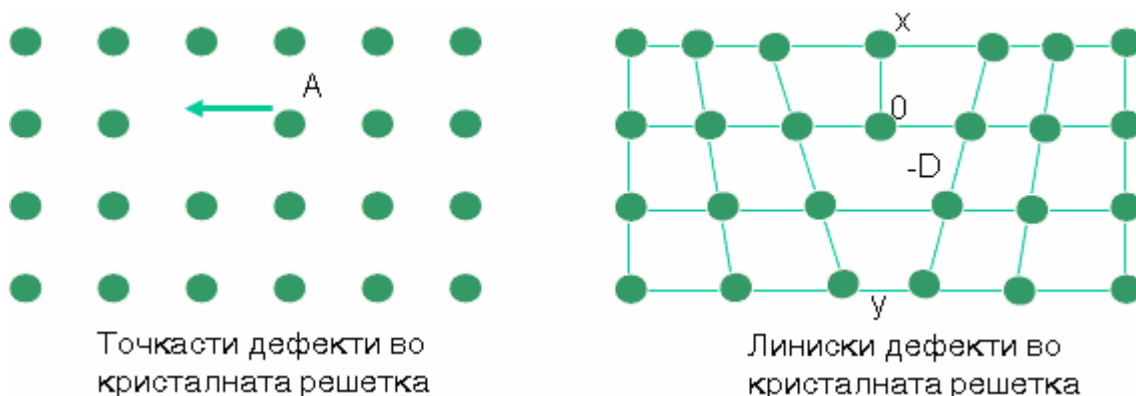
Најважните метали ги имаат следните структури:

- Хром, железо, молибден, волфрам - просторно центрирана кубна решетка;
- Сребро, злато, алуминиум, бакар, никел, олово - површински центрирана кубна решетка; и
- Цинк, магнезиум - густо сложен хексагонален систем.

Ако во кристал на чист метал се заменат некои атоми со атоми на друг елемент, се добива цврст раствор на тој елемент во основниот метал. Овој "субституциски цврст раствор" може на дадена температура да постои само во граници на точно определена концентрација и која зависи од двете компоненти на "растворот".

Ако се продолжи со замена на атомите на основниот метал со туѓи атоми, заради премногу дебалансирани рамнотежни сили на врските, можат да се појават нови кристали кои имаат различна кристална решетка. Класичен пример е месингот за длабоко извлекување, кој е цврст раствор на цинк во бакар. Ако се продолжи со додавање на цинк над концентрација од 33%, настанува нова фаза со различна кристална структура во внатрешноста на матрицата со 33%, а која содржи 50% цинк. Уделот на фазата со 50% раствор расте, меѓутоа составот на почетниот цврст раствор останува со непроменети 33% цинк.

Како и други цврсти тела, некои метали имаат особина да се појавуваат во повеќе алотропски модификации, секоја со посебна кристална структура. Некои се постојани на собни температури, некои при висок притисок, некои при високи температури, итн. Обично, до преод од една алотропска модификација во друга доаѓа при точно определена температура, која се вика "температура на трансформација". Температурата во металот може да се менува дури по достигнување на потполна трансформација (внатрешна, или латентна топлина).



Слика 5.3 Дефекти во кристалната решетка

На пример, железото има просторно центрирана кубна решетка на собна температура, површински центрирана кубна решетка на температура помеѓу 910°C и 1.400°C, повторно просторно центрирана кубна решетка над 1.400°C се до постигнување на температурата на топење.

Според карактеристиките на кристалната структура на металите може да се дефинираат определени особини. На пример, ако се познати геометријата на кристалниот систем на еден метал, бројот на атомите во основната решетка и тежината на атомите, може да се пресмета густината на металот.

Во практиката, претходното не може многу да се користи, бидејќи распоредот на атомите во еден метал е ретко совршен и правилен како при геометриско сложување. Реалните кристали кријат во себе многубројни и различни дефекти. На пример, може да се случи некој јазол од кристалната решетка да не биде зафатен со атом. Доаѓа до појава на "празнина", која само делумно може да се компензира со дисторзија на решетката во нејзината близина. При дотур на енергија, може да дојде до придвижување на шуплините од јазол во јазол, па дури и до соединување на повеќе "празнини" во една зедничка. Ова се т.н. точкасти дефекти во кристалната решетка.

При појава на точкасти "празнини" на соседни локации (слика 5.3), доаѓа до "линиски" деформации на кристалната структура; и ваквите деформации можат да се движат низ кристалната структура.

Деформации на кристалните структури може да се јават и на цели спојни површини на два кристали, при што се образуваат "празни" допирни површини, кои исто така можат да се движат низ структурата на кристалите.

Потеклото на овие деформации не е сосема познато, меѓутоа се знае дека тие влијаат на особините на металите и дека и најсовршените кристали содржат голем процент на такви деформации.

5.3 Особини на металите за конструкција на машини

Најважните технички особини на конструктивните метали се делат на:

- механички,
- технолошки,
- физички и
- хемиски.

Под технолошки особини на материјалите се подразбира способноста за обработка на металите, и тоа: ковност, ливност, погодност за заварување, калење, растегливост, валање, симнување на струготини, и сл. Во механичките особини се вбројуваат: цврстина, жилавост, еластичност и погодност за обработка. Физичките особини се однесуваат на структурата на металот, специфичната тежина, топлинската издржливост, итн. Хемиските особини зависат од хемискиот состав на материјалот.

5.3.1 Технолошки особини на металите

Ковност. Тоа е способност на металот под дејство на притисок или удар да го менува трајно својот облик, при што после престанокот на ова дејство не остануваат никакви трајни траги во масата на металот, како ни пукнатини, или прснатини. Обработката на металот на со притисок или удари, во ладна или вжарена состојба, се нарекува ковање. На ковање се подложни жилави и растегливи метали, какви што се: ковното железо, челикот, итн. Спротивно, лееното железо не е погодно за ковање, бидејќи е крто.

Ливност. Тоа е особина на металот со своето топење да добие облик по потреба. Оваа активност се врши во леарниците. Металот се лее во калапи од песок или друг материјал, при што добро ги исполнува, чиј облик го задржува и после стврднувањето. Можат да се леат лееното железо, бронзата, итн.

Температурата на топење на металите е многу различна. На пониски температури (200-400°C) се топат оловото, цинкот, калајот, антимонот, бизмутот, итн. На повисоки температури (1000-1500°C) се топат златото, никелот, бакарот, суровото железо, железото, челикот, итн.

Заварување. Заварувањето има задача два исти, или сродни метали, да ги спои толку цврсто што да претставуваат едно тело. Се разликуваат неколку видови на заварување:

- **Лемење со помош на лем:** Тоа е всушност спојување на два материјали со примена на трет материјал меѓу нив. Тој се топи со помош на извор на топлина и се поставува меѓу двата метали. Со зацврстувањето, лемот се “залепува“ за двата метали и така ги спојува. На овој начин се спојуваат лимови, цинк, месинг, итн.
- **Електрично заварување.** Се изведува со помош на Волтов електричен лак, или електричен отпор. Кај првиот начин, како лем се употребуваат т.н. метални електроди, кои во вид на жица (обложена или гола) се топат на висока температура од 3500°C и истовремено ги доведуваат до вжарување двете ивици на металите кои се спојуваат. Ја исполнуваат празнината помеѓу металите и така ги спојуваат. Кај вториот начин се работи без дополнителен материјал. Кога рабовите на двете метални парчиња се доведат до температура на бело вжарување, со притисок меѓусебно се спојуваат. Потребната топлина се добива со пропуштање на електрична енергија низ двата предмета.
- **Автогено заварување:** Се изведува со додавање на ист материјал, како и материјалот кој се спојува. Се додава растопен метал, кој се загрева со помош на “дувалка” (брелер) низ кој истекува смеса на кислород и некој од светлечките гасови (ацетилен, светлечки гас и сл.).

Калење. Некои метали (посебно челикот) имаат особина од основа да ја менуваат својата структура и механички особини, ако при одредена висока температура се ладат со последователни потопувања во бањи од вода, масло, петролеум, и сл. Со оваква активност на металот му се обезбедува наголемување на површинската тврдина.

Растегливост. Поврзана е со ковноста. Во механиката како мерка за растегливост се зема трајното издолжување на материјалот, изразено во %.

Пресување. Тоа е начин на обработка на метали, сличен на ковањето, но со таа разлика што работната брзина е десет пати помала. При тоа се добиваат поголеми внатрешни деформации на материјалот, отколку при ковање. Се применува за деформација на големи метални парчиња.

Валање. Се применува за производство на лимови. Со помош на тешки железни, или челични цилиндри вжештениот материјал се “истенчува“ до потребната дебелина.

Способност за обработка со симнување на струготини. Тоа е технолошка особина на некои метали од нивната површина да може да се симнуваат помали честички, со помош а соодветен алат. При тоа металот се оформува во бараните облици.

5.3.2 Механички особини на материјалите

Цврстина. Тоа е способност на материјалот да се спротивставува на дејство на мирни сили. Овие сили настојуваат да го збијат, истегнат, извиткаат, увијат и сл. материјалот. Освен овие, постојат и сложени напрегања, како резултат на комбинација на две, или повеќе сили.

Тврдина. Под тврдина се подразбира отпор на материјалот кон трајни деформации под дејство на притисок на друг материјал.

Жилавост. Тоа е способност на материјалот да го поврати иницијалниот облик, по престанокот на дејството на надворешните сили.

5.4 Легури и нивни особини

Метални легури. Под поимот метална легура се подразбира смеса на два или повеќе метали, добиена со леење. Во составот на легурите влегуваат и одредени неметални состојки (на пример јагленород во железото), кои битно влијаат на нивните особини, како што се ковност, совитливост, свонкост, спроводливост на топлина, електрицитет и сл.

Една од најважните особини на легурите е што нивниот степен на топење е многу понизок од степенот на топење на составните метали. На истиот многу влијае процентот на составните елементи. На пример, со додавање на само неколку проценти на олово, точката на топење на калајот паѓа

од 231,9 на 180°C.

Втора важна особина на легурите е нивната отпорност, границата на еластичност и тврдина кои се поголеми од истите на било кој од составните метали што ја компонираат. Калајот и оловото се меки метали, меѓутоа со нивно мешање се добива тврда легура.

Меѓутоа, легурите по правило се помалу ковни, спроводливи и жилави од составните елементи. На пример, челикот е многу помалку ковен од железото.

Конечно, легурите по правило послабо спроведуваат електрична енергија од составните метали, а специфичната маса може да им биде помала, или поголема од чистиот збир на специфичните маси на составните елементи.

5.5 Железо и неговите легури

Железото, челикот и суровото железо се најважни и најпотребувани метали во денешната машинска индустрија. Челикот и железото претставуваат соединенија на железо со јагленород, при што јагленородот е застапен во суровото железо со 3-6%, во челикот 0,3-1,5%, а во железото највеќе до 0,28%. Разлика помеѓу железото и челикот е во тоа што железото има мала содржина на јагленород и е практично нестопливо, додека челикот може да се топи и кали. Суровото железо е многу крто и не може да се кове.

Во природата железото многу ретко се наоѓа во чиста форма. Обично е комбинирано со помали, или поголеми количини на јагленород, силициум, манган, итн. Специфичната маса му се движи во граници помеѓу 7.700 и 7.800 kg/m³.

Според квалитетот и изработката се разликуваат неколку видови на железо, кои покрај различните својства, имаат и различна боја и структура. На пример:

Обичното или меко железо има отворено сива боја со крупни зрнца. Ковно е и еластично. Од ова железо се изработуваат лимови, клинови, навртки и сл.

Хомогеното железо има изедначена структура и е со поотворена боја од обичното железо, од кое е и по ковно и по отпорно. Од вакво железо се изработуваат профилирани железа, тркала за железнички вагони и локомотиви, осовини на возила, делови на машини и сл.

Железо со содржан манган во граници околу 2% е многу отпорно. Се употребува за делови на машини, кај кои отпорноста е од посебно значење.

Суровото железо има доста поразлични својства од железото. На пример; не е подложно на ковање, не е еластично, но погодно е за притискање. Составено е од железо и јагленород, со примеси на други елементи. Обично железото во овие смеси е содржано со 90%, а јагленородот со 3-6%. Суровото железо, кое содржи помалку од 2,5% јагленород не е за практична употреба, бидејќи ги губи потребните својства.

Воглавно се разликуваат две видови на сурово железо: бело и сиво сурово железо. На нив се додаваат и т.н. посебни сурови железа. Сите три видови се познати под името техничко железо.

Белото сурово железо содржи јагленород во граници од 2-3% и е потврдо и покрто од сивото сурово железо. Не е погодно за работа. Единствена намена му за добивање на железа, челици и т.н. темпер железа. Во житка состојба апсорбира гасови, кои предизвикуваат шуплини во одливците. Точката на топење се движи помеѓу 1.130 и 1.300°C. Содржината на манган помага за издвојување на јагленород, во облик на железен карбид. Со 30% до 80% манган (фероманган) служи како дезоксидационо средство.

Сивото сурово железо е многу отпорно и содржи околу 3,2% до 4,5% јагленород. Поеластично е од белото, меѓутоа не може ниту да се кове, ниту да се вала. Се обработува само со леење. Има затворено сива боја. Точката на топење му е 1.200 до 1.300 °C. Специфичната маса му е 6.700 -7.600 kg/m³. Главна примена му е за делови на машини.

Потребно е да се истакне дека брзина на ладењето многу влијае на обликот на структурата на железото. Ако металот се лади постепено и ако содржи поголема количина на силициум, јагленородот се одвојува во вид на графит. Со тоа се добива сиво железо. Напротив, ако металот се лади брзо, јагленородот останува во структурата на железото и се добива бело сурово железо.

За стврдување на површината и на рабовите на метални парчиња се употребуваат техники на вештачко ладење (леење во кокили).

Посебните видови на леено сурово железо се наоѓаат помеѓу белото и сивото сурово железо. Се употребуваат за потребите на челичаните.

Челик: Современото производство не познава точна граница помеѓу кованото железо и челикот. Под поимот челик денес се подразбира железо, кое содржи 1,72% јагленород (железо, кое може да се кове без предходна припрема). Се добива најчесто од белото сурово железо.

Постојат повеќе видови на челици. Обичниот челик е подложен на калење и како соединение со јагленородот, се јавува во променливи размери. Специјалните челици, т.е. оние кои се подложни на појако калење, имаат поголем процент на јагленород и содржат и други метали,

како никел, манган, хром, волфрам, ванадиум, молибден, итн. Меките челици не се подложни на калење, но се лесно топливи и содржат јагленород помалку од 0,30%.

Челикот се топи помеѓу 1.300 и 1.400°C. Неговата специфична маса изнесува 7.850 kg/m³.

Според начинот на добивање, челиците се делат на:

- а) Варен челик, добиен со пудловање во тестеста состојба;
- б) Топен челик, добиен во житка состојба;
- в) Мартин-Сименсов челик, добиен со топење на ново и старо железо и, евентуално, руда.
- г) Електрочелик, добиен во електрични печки;
- д) Челик од лонци; и
- ќ) Цементен челик, добиен со греење од мек челик во прав од дрвен јаглен.

Темпер железото се добива со жареење на бело сурово железо, после што истото станува ковно. Тоа е всушност еден вид оплеменето бело сурово железо, кое се жари во железна руда (бел темпер лив) или во песок (црн темпер лив). Содржината на јагленород после жареењето изнесува 0,5% до 2,5%.

5.6 Останати метали

Металите од оваа група се делат на: тешки, лесни и благородни. Во тешките метали спаѓаат: бакарот, калајот, оловото, цинкот, никелот, хромот, молибденот, волфрамот, ванадиумот, кобалтот, кадмиумот, бизмутот и манганот. Во лесните метали спаѓаат: алуминиумот, магнезиумот и берилиумот. Во благородните метали спаѓаат: платината, златото, среброто и живата. Во продолжение ќе се дадат најосновните податоци за поважните од набројаните метали.

5.6.1 Тешки метали

Бакарот во природата се наоѓа како чист, во вид на плочки, жици, зрнца, но и во маса. Комбиниран со кислородот, сулфурот и железото, бакарот е многу распространет во природата и обично се наоѓа во вид на жици во разни карпи со кварц. Често е комбиниран со злато и сребро.

Рудите на бакарот се претежно сулфидни, или оксидни. Издвојувањето на бакарот се врши во високи печки, слични на оние за добивање на сурово железо, или во Басемеровите крушки за бакар. Најчист бакар се добива по електролитен пат, кој понатаму се пречистува со топење.

Трговскиот бакар има специфична маса од 8.200 до 9.200 kg/m³. Се топи на 1.083°C. Чистиот бакар има блескаво црвена боја. При прекршување покажува многу фина кристална структура. Со валање добива влакнеста

структура. При примена го губи сјајот. Лесно се кове и тоа најдобро на студено. На повисоки температури станува кршлив. Тешко се вари и лее, но лесно се леми. Со валање му се зголемува цврстината.

Калајот ретко се наоѓа чист во природата. Обично се наоѓа во вид на оксиди, пирити или станити. Се произведува со зголемување на содржаниот процент на калај, а потоа со редукција со помош на јаглен. Последен е процесот на пречистување. За стврдување му се додава бакар, олово или антимон, бидејќи е многу растеглив и мек.

Има сребренасто-бела боја и многу е ковен, посебно при работа со чекан. Бидејќи е многу отпорен на разни киселини, се употребува за покривање на површини од други метали.

Се топи на $239,1^{\circ}\text{C}$. Во течна состојба многу бргу оксидира. Специфичната маса му е 7.200 до 7.500 kg/m^3 . Бронзата, која е многу важна индустриска легура, е составена од бакар и калај.

Оловото не се наоѓа во чиста состојба во природата. Обично е здружено со рудите на цинк, бакар и сребро. Се добива со топење, после пржење на решетки за отстранување на сулфурен диоксид и јагленороден диоксид. Конечно се пречистува по електричен пат.

Специфичната маса му се движи од 11.200 до 11.400 kg/m^3 . Се топи на $327,3^{\circ}\text{C}$. Има многу мала цврстина. Во допир со воздух добива тенка оксидна превлака, која понатаму го штити од оксидација.

Цинкот обично во природата се наоѓа во посебни комбинации со силициум и јагленородна киселина. Производството е слично на производството на калај. Пречистувањето се врши со дополнително топење, или со електролиза на цинк оксид во раствор на сулфурна киселина.

Има сино-бела боја. Специфичната маса на цинкот е 6.700 до 7.200 kg/m^3 . Се топи на $419,4^{\circ}\text{C}$. Добро се вала и влече на температури помеѓу 100 и 150°C , меѓутоа постанува повторно крт на 200°C . Добро се лее. Во допир со воздух добива тенка оксидна превлака, која го штити од понатамошна оксидација.

Никелот во природата обично се наоѓа во рудите на бакар, железо, антимон и сл. Се добива со проста редукција во печки при висока температура, или со електролиза.

Има светло бела боја и е со специфична маса од 8.350 до 8.900 kg/m^3 . Се топи на 1.455°C . Слабо оксидира. Добро се лее, кове, заварува и обработува со симнување на струготини. Има голема отпорност.

Молибденот се добива од рудата молибденит со топење на температура над 2.600°C . Има специфична маса од 10.110 kg/m^3 .

Волфрамот се топи на 3.380°C и е со специфична маса од 19.100 kg/m^3 .

Ванадиумот е многу редок метал. Точката на топење му е 1.720°C , а специфичната маса 9.800 kg/m^3 .

Хромот има сино-бела боја . Се топи на 1.800°C . Специфичната маса му е 6.900 до 7.140 kg/m^3 .

5.6.2 Лесни метали

Алуминиумот е можеби најраспространет метал во природата, меѓутоа воглавно здружен со силикати, од чие распаѓање се добива глина.

Обично се добива со електролиза. Има сребренкаста боја и специфична маса од 2.700 kg/m^3 . Може да се кове, заварува и истегнува. Отпорен е на вода и киселини. Во допир со воздух добива танка скрама, која го штити од понатамошна оксидација. Не се магнетизира.

Магнезиумот обично се добива со електролиза од магнезит, карналит, или доломит, неговите најчести руди. Специфичната маса му е 1.740 kg/m^3 . Се топи на 650°C . Во ладна состојба е крт, меѓутоа може да се обработува со нож. Во топла состојба може да се кове, вала и истегнува.

Берилиумот се добива од рудата берилиум со електролиза. Има сиво-бела боја и се топи на 1.278°C .

5.6.3 Благородни метали

Платината се наоѓа во природата како самородна, но и во рудата сперфлит. Има сиво-бела боја. Се топи на 1.733°C , а специфичната маса е 21.500 kg/m^3 . Посебно отпорна на киселини и влага.

Златото има карактеристична жолта боја. Се топи на 1.063°C , со специфична маса од 19.300 kg/m^3 . Може да се истегнува, кове и погодно е за прецизна обработка.

Среброто се наоѓа самородно само кај секундарните минерали, т.е од завршни процеси при производството на злато, олово и бакар. Има сјајно бела боја. Специфичната маса му е 9.510 kg/m^3 , а се топи на $960,5^{\circ}\text{C}$. Добро се истегнува. Најдобар проводник на електрична енергија.

Живата се наоѓа во природата како самородна и во рудата цинобер. Единствен течен метал при температура на околина. Точката на вриење и е на 360°C , а на стврднување на -39°C .