

ВЛАСТИВОСТІ ТЕХНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Для конструювання кріогенних систем слід знати, як змінюватимуться властивості матеріалів за кріогенних температур. Температурні залежності для більшості властивостей можна екстраполювати і в область кріогенних температур (наприклад значення модуля Юнга). Проте є низка специфічних явищ, що проявляються лише у області кріогенних температур, як то різке зменшення теплоємності, надпровідність, пластично-крихкий перехід.

Механічні властивості матеріалів є важливими для конструювання деталей кріогенних систем, з'єднувальних трубопроводів, посудин для зберігання кріорідин.

Границя плинності (напруження, що зумовлює залишкову деформацію понад 0,2%) зі зниженням температури зростає.

Границя міцності на розрив і модуль пружності (модуль Юнга) зі зниженням температури також зростають, причому відомі графічні та розрахункові залежності можна екстраполювати у область кріогенних температур.

Границя стомлюваності (напруження при якому після змінного за напрямком згину протягом заданої кількості циклів матеріал руйнується і з'являються мікротріщини на поверхні) зростає в усіх металів крім алюмінію.

Пластичність (ударна в'язкість). Пластичним вважається матеріал, який перед руйнуванням може подовжуватися не менше ніж на 5%, наприклад гума. Зниження температури значно знижує пластичність переважної більшості матеріалів – вони стають крихкими. Так, для вуглецевої сталі при 110 К відбувається пластично-крихкий перехід (об'ємноцентрована кристалічна ґратка переходить у гранецентровану), внаслідок чого різко падає ударна в'язкість і сталь стає крихкою. Тому для кріогенних температур вуглецева сталь практично не застосовується. Подібне явище спостерігається і для пластмас та гум (крім тефлону) – вони також стають крихкими за температур нижчих, ніж певна температура переходу, індивідуальна для кожного матеріалу.

Теплопровідність речовини – це її здатність проводити теплоту. Існує три основних механізми теплопровідності:

1) електронна – передавання енергії за рахунок руху вільних електронів, основний механізм теплопровідності у металах-провідниках;

2) фононна – передавання енергії коливань кристалічної ґратки (у кристалічних твердих тілах) або молекул (у рідинах та аморфних твердих тілах);

3) рух молекул – основний механізм теплопровідності у газах (у багатоатомних газах до нього додається передавання енергії обертання молекул).

Теплопровідність зріджених водню та гелію зі зниженням температури зменшується, а решти кріорідин – зростає.

Основну роль у теплопровідності металів за кімнатних температур відіграє рух вільних електронів. Оскільки маса і швидкість руху електронів практично не змінюються, теплопровідність чистих металів за кімнатних температур мало залежить від зміни температури. За температур близько 77 К (температура зрідження азоту) стає відчутним внесок фононної теплопровідності, тому сумарна теплопровідність починає зростати. Зростання відбувається доти, доки довжина вільного пробігу електронів не стане порівнянною з розмірами зразка матеріалу. Після цього теплопровідність чистих металів знижується.

Сплави і нечисті метали мають хаотичну структуру, атоми домішок та різнорідних металів призводять до розсіювання енергії. Ефекту максимуму теплопровідності тут немає. Теплопровідність таких матеріалів зі зниженням температури монотонно знижується.

Питома теплоємність речовини – це кількість теплоти, що потрібно підвести до 1 кг речовини, щоб підвищити її температуру на 1 К. Якщо у процесі нагрівання сталим залишається тиск, то говорять про ізобарну теплоємність c_p , а якщо об'єм – то про ізохорну c_v .

Магнітна теплоємність матеріалу спричинена взаємодією магнітних диполів. Вона важлива для магнітних кріорефрижераторів, на яких отримують температури, нижчі за 1 К. За низьких температур енергія цієї взаємодії ϵ_m має такий самий порядок як і теплова енергія kT .

Для деяких речовин існують аномалії теплоємності – порушення монотонності температурної залежності, спричинені різними факторами (фазові переходи у твердих тілах, структурні переходи у сплавах, перехід до надпровідного стану, спінові переходи та ін.). Для таких речовин теплоємність визначають дослідним способом.