

ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛИ 12Х18Н10Т ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Цупка С.А. Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Научный руководитель докт. техн. наук Вологжанина С.А., Университет ИТМО, Санкт-Петербург

Сталь 12Х18Н10Т обладает полным комплексом свойств, позволяющим использовать ее в самых различных отраслях промышленности, таких как металлургия, химия, ракетостроение, энергетика и многих других. В последние годы активно развиваются такие отрасли как криобиология, криомедицина, криоэнергетика, в которых необходимо использовать оборудование, способное обеспечивать работоспособность до температур близких к абсолютному нулю. Для понимания процессов и расчета термических напряжений в эксплуатируемых деталях и тепловых полей необходимы сведения по коэффициенту теплопроводности и коэффициенту теплового расширения при низких температурах

Введение. Термические (температурные) свойства это совокупность характеристик материалов при изменении температуры. Прогресс таких областей, как атомное строительство, космическая сфера, авиастроительство и пр. во многом зависит от стойкости материалов к повышенным температурам и воспринимаемым напряжениям при повышенных температурах. В свою очередь способность материалов сохранять рабочие параметры эксплуатации при низких температурах влияет на работоспособность машин и оборудования эксплуатируемых в условиях крайнего севера, криогенной техники, космической отрасли и т.д.

Основная часть. В стали 12Х18Н10Т, как и во всех металлах энергия переносится благодаря движению электронов и фононов, однако в большинстве электрических проводников вклад электронов в перенос энергии является основным при температурах выше температуры жидкого азота. Электронная теплоемкость прямо пропорциональна абсолютной температуре, а средняя длина свободного пробега электрона в этом диапазоне температур обратно пропорциональна абсолютной температуре. Так как плотность и средняя скорость электрона слабо меняются с температурой, теплопроводность электрических проводников при температурах выше температуры жидкого азота почти не меняется с температурой. При понижении абсолютной температуры ниже температуры жидкого азота вклад фононов в перенос энергии становится значительным. В этом диапазоне температур теплопроводность чистых металлов становится приблизительно пропорциональна T^2 . Теплопроводность увеличивается до максимального значения при понижении температуры вплоть до того, как средняя длина свободного пробега носителей энергии не станет соизмеримой с размерами образца материала. При достижении этих условий границы материала начинают оказывать противодействие движению носителей энергии, и средняя длина свободного пробега носителя становится постоянной (примерно равной толщине образца материала). Так как теплоемкость уменьшается до нуля, когда абсолютная температура приближается к нулю, то теплопроводность также будет уменьшаться с понижением температуры в этой очень узкой температурной области. В сплавах с беспорядочной структурой и в нечистых металлах, коей и является сталь 12Х18Н10Т вклад электронов и фононов в перенос энергии имеет один порядок. Существует дополнительное рассеяние энергии носителей вследствие наличия атомов примесей в нечистых материалах. Этот эффект рассеяния прямо пропорционален абсолютной температуре. Дислокации в материале обеспечивают рассеяние, пропорциональное T^2 , а границы структурных зерен вызывают рассеяние, пропорциональное T^3 .

Объемный коэффициент теплового расширения β это изменение объема на единицу изменения температуры, при постоянном давлении. В свою очередь линейный коэффициент

теплового расширения α_L это изменение линейных размеров на единицу изменения температуры, при неизменной нагрузке на материал. Для изотропных материалов $\beta=3 \cdot \alpha_L$. Изменение с температурой коэффициента теплового расширения объясняется рассмотрением межмолекулярных сил взаимодействия в материале. Кривая потенциальной энергии межмолекулярного взаимодействия не является симметричной. В связи с этим, когда энергия молекулы увеличивается (или увеличивается температура материала), пространство, занимаемое атомом относительно соседних атомов, становится больше, что означает расширение материала. Скорость, благодаря которой увеличивается средне пространство, занимаемое атомом, повышается с повышением энергии или температуры материала, таким образом, коэффициент теплового расширения увеличивается с повышением температуры. Соответственно и теплоемкость, и коэффициент теплового расширения связаны с энергией межмолекулярного взаимодействия, следовательно можно получить связь между этими двумя свойствами.

На практике, наиболее часто используют два метода оправления температурных коэффициентов расширения: метод дилатометрии и метод высокотемпературной и низкотемпературной рентгенографии. Метод дилатометрии показывает зависимость изменения размеров тел при изменении различных факторов (температура, давление, электрические и магнитные поля и т.д.). Рентгенографические методы базируются на расчете по экспериментальным данным объёма и периодов элементарной ячейки кристаллических тел при различных условиях.

Выводы. При понижении температуры все вместе описанные эффекты вызывают уменьшение теплопроводности стали 12X18H10T, и теплопроводность сплавов не достигает наивысшей точки. Для хромоникелевой стали 12X18H10T коэффициент теплового расширения при изменении температуры меняется по зависимости схожей с кривой теплоемкости. При очень низких температурах (ниже температуры жидкого азота) коэффициент теплового расширения пропорционален T^3 .

Цупка С.А.

Вологжанина С.А.