

В зависимости от содержания основных легирующих элементов различают два типа хромоникелевых аустенитных сталей. Это метастабильные стали, претерпевающие заметное мартенситное превращение при охлаждении и деформации, содержащие 17 – 20 % Cr и 8 – 12 % Ni. Вторую группу образуют стабильные стали, содержащие 17 – 25 % Cr и 14 – 25 % Ni. В них мартенситное превращение подавлено и аустенитная структура сохраняется вплоть до самых низких температур.

Высокая стоимость никеля привела к созданию сталей, в которых никель полностью или частично заменен марганцем, также являющимся стабилизатором аустенита (марки 03X13AG19, 10X14Г14Н4Т). В их состав дополнительно вводят азот, способствующий получению аустенитной структуры и дополнительному упрочнению (03X20Н16AG6, 07X13Н4AG20).

Введение азота в хромоникельмарганцевые стали позволяет более чем в полтора раза поднять уровень предела текучести при комнатной температуре. С понижением температуры эффективность влияния азота как элемента внедрения, блокирующего движение дислокаций, на величину предела текучести еще более возрастает. Хром, никель и марганец, как элементы замещения, оказывают меньшее влияние на прочностные свойства, их роль определяется необходимостью обеспечения заданной аустенитной структуры.

Стимулом для развития явилось осуществление космических и ядерных программ. Данные стали имеют огромные перспективы в различных хозяйственных и научных отраслях. Важнейшим фактором дальнейшего развития техники низких температур является создание материалов, пригодных для работы в этих условиях.

УДК 538.945

Сверхпроводящие материалы

Студент гр.104219 Марышева А.А.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В настоящее время сверхпроводящие материалы находят широкое применение в промышленности и являются перспективной областью исследований. Сверхпроводящее состояние наблюдается вблизи абсолютного нуля у многих металлов и сплавов. Они не оказывают сопротивления электрическому току при температурах ниже характерной для них критической температуры T_k . Впервые сверхпроводимость обнаружил в 1911 г. голландский ученый Гейке Камерлинг-Оннес, который наблюдал скачкообразное исчезновение сопротивления ртути до неизмеримо малой величины при температуре 4,2 К.

К настоящему времени сверхпроводимость обнаружена у большинства чистых металлов, причем сверхпроводящее состояние легче всего возникает в металлах с низкой обычной проводимостью. Открыто и изучено около трех тысяч сверхпроводящих сплавов и интерметаллических соединений, и их число непрерывно растет. Чистые металлы принято относить к сверхпроводникам первого рода, а сплавы и соединения – к сверхпроводникам второго рода.

Напряженность магнитного поля в объеме сверхпроводников при температурах ниже критической равна нулю. Металл становится диамагнетиком – материалом, приобретающим во внешнем магнитном поле магнитный момент, направленный против намагничивающего поля. Поэтому при переходе материала в сверхпроводящее состояние внешнее магнитное поле «выталкивается» из его объема и остается лишь в тонком поверхностном слое толщиной около 10^{-5} мм. Это явление называется эффектом Мейснера.

Сверхпроводящее состояние может быть разрушено как при нагреве материала до температуры выше критической, так и в результате воздействия сильных внешних магнитных полей с напряженностью H_k , превышающей критическое значение. Критическое магнитное поле подобно критической температуре является основной характеристикой сверхпроводящего материала. При превышении T_k или H_k происходит скачкообразное восстановление электрического сопротивления, и магнитное поле проникает в металл.

Из всех чистых металлов, способных переходить в сверхпроводящее состояние, наивысшую критическую температуру перехода имеет ниобий ($T_{kp} = 9,2$ К). Однако для ниобия характерны низкие значения критического магнитного поля (около 0,24 Тл), что недостаточно для его широкого применения. Хорошим сочетанием критических параметров T_k и B_k отличаются сплавы и интерметаллидные соединения ниобия с цирконием, титаном, оловом и германием.

Сплавы и соединения ниобия переходят в сверхпроводящее состояние при достаточно высоких температурах. Они могут выдерживать довольно сильные магнитные поля и характеризуются высокой плотностью тока. В жидком гелии при внешнем поле с индукцией 2,5 Тл критическая плотность тока составляет: для Nb – Zr – 1 кА/мм²; для Nb – Ti – 2,5 кА/мм²; Nb₃Sn – 17 кА/мм²; V₃Ga – 5 кА/мм².

К наиболее распространенным сверхпроводящим материалам относится сплав Nb (основа) с 46,5 % Ti (по массе). Этот сплав отличается высокой технологичностью, из него обычными методами плавки, обработки давлением и термической обработки можно изготавливать проволоку, кабели, шины. Интерметаллиды, хотя и обладают более высокими критическими параметрами, имеют высокую хрупкость, что затрудняет изготовление из них длинномерных проводов традиционными методами металлургической технологии.

Простота изготовления, благоприятное сочетание электрических и механических свойств и сравнительно низкая стоимость позволяют рекомендовать сверхпроводники на основе твердого раствора Nb – Ti в качестве основных материалов до $B_k = 8$ Тл при $T_k = 4,2$ К. В более сильных полях, когда плотность тока существенно падает, целесообразно использовать интерметаллические соединения типа Nb₃Sn.

В конце 1980-х годов была открыта высокотемпературная сверхпроводимость в керамических материалах.

В 1986 г. впервые были получены сверхпроводящие керамические оксидные образцы системы La – Ba – Cu – O с температурой перехода в сверхпроводящее состояние $T_k = 35$ К. В настоящее время исследователями ряда стран разработано большое число керамических материалов с переходом при температурах 250 К и даже при комнатной температуре. Значительная часть разработанных материалов характеризуется нестабильностью и большой хрупкостью.

Наиболее важными областями применения сверхпроводников является создание сильных магнитных полей, получение и передача электроэнергии. Сверхпроводящие магниты используют для исследований в области физики высоких энергий, создания мощных магнитных кольцевых ускорителей частиц и систем управления движением пучков частиц на выходе из ускорителя.

Перспективным является использование сверхпроводящих кабелей подземных линий для передачи энергии большой мощности. Они характеризуются большой пропускной способностью и малыми потерями. Сверхпроводимость позволяет также решить проблему запаса электроэнергии впрок с выдачей её при пиковых нагрузках.

Использование эффекта сверхпроводимости позволяет создать поезд без колес с магнитной подвеской и тягой – поезд на магнитной подушке.

Криогенные сверхпроводящие материалы, находящие применение в электродвигателях и трансформаторах, позволяют уменьшить их объем, снизить массу на 80 %, довести коэффициент полезного действия при этом до 98 %. Криогенные

сверхпроводники используют в магнитных насосах, позволяющих перекачивать магнитные поля из больших объемов в малые, тем самым увеличивая их напряженность H .

Сильные магнитные поля криогенных сверхпроводящих устройств позволяют защищать космические корабли от повышенной радиации.

Поиск новых сверхпроводников продолжается, хотя пока проблема остается чисто научной. В перспективе необходимо разработать технологию производства и применения высокотемпературных сверхпроводников.

УДК. 669.018.58

Магнитострикционные материалы

Студент гр.104219 Орда Д.В.

Научный руководитель – Пучков Э.П.

Белорусский национальный технический университет

г. Минск

Магнитострикция (от лат.натяжение, сжатие) – изменение формы и размеров тела при его намагничивании. Это явление свойственно как ферромагнитным, так и парамагнитным и диамагнитным веществам. Магнитострикция – результат проявления взаимодействий в магнитных телах. Изучение магнитострикции помогает выяснить природу указанных взаимодействий. Магнитострикция неизменно привлекает внимание не только физиков, но также и инженеров с точки зрения конструирования новых приборов и технических устройств.

Различают два вида магнитострикции:

- изотропную (обменную);
- анизотропную (магнитодипольную и одноионную).

Перечень приборов, в которых используются магнитострикционные материалы, довольно обширен: генераторы мощного звука и ультразвука, сверхчувствительные приемники звука, магнитострикционные механизмы микроперемещений и нажимных устройств, линии задержки звуковых и электрических сигналов, и другие устройства для радиотехники и электросвязи. К редкоземельным материалам привлечено внимание также технологов с точки зрения создания новых эффективных материалов с инвариантными свойствами.

У классических ферромагнитных сплавов относительное удлинение – сотые доли процента. У никеля продольная магнитострикция достигает величины 0,004 %, поэтому никель и сплавы на его основе широко применяют в металлургии, также применяют железокобальтовые и железоалюминиевые сплавы, обладающие более высокими значениями магнитострикции, но менее технологичными свойствами.

Проблему малого относительного удлинения удалось решить с открытием явления гигантской магнитострикции у редкоземельных магнетиков. Так, у поликристаллов тербия и диспрозия относительное удлинение составило 0,3 %, а в монокристаллах достигло 2 %. Такими необычными свойствами эти вещества обязаны особенностям строения атомов редкоземельных элементов. Их электронные облака имеют сильно вытянутую, несферическую форму, и, к тому же, ведут они себя как «жесткие», недеформируемые. Под действием внешнего магнитного поля электронное облако каждого атома поворачивается и, грубо говоря, как бы раздвигает соседние атомы, сильно деформируя, растягивая всю кристаллическую структуру.

Один из лучших новых магнитострикционных материалов известен под промышленной маркой Терфенол-Д, основным компонентом которого является $Dy_{0.7}Tb_{0.3}Fe_{1.95}$. Этот материал способен развивать магнитострикционную деформацию до 0,14 %. Он появился в результате исследования магнитного поведения редкоземельного элемента тербия (Тб), деформация