Кроме того, эпоксидный компаунд придает дополнительную полярность композиционному материалу, что улучшает смачивание поверхностей маслами, которые образуют на поверхностях трения тонкие прочные граничные пленки смазок. Покрытия показали лучшую работоспособность при трении в условиях смазывания различными маслами.

Выводы. Полученные результаты наглядно свидетельствуют о целесообразности применения в качестве модификаторов полиамидов эпоксидных компаундов в виде порошковых материалов (порошковых красок), широко используемых в технологии защитных покрытий, что позволяет получать материал с низкими значениями коэффициентов трения при работе как без смазки, так и со смазкой различными маслами.

Литература

1. Белый, В.А. Полимерные покрытия / В.А. Белый [и др.]. – Мінск: Наука и техника, 1976. – 416 с.
2. Яковлев, А.Д. Порошковые полимерные материалы и покрытия на их основе / А.Д. Яковлев, В.Ф. Здор, В.И. Каплан. – Л.: Химия, 1979. – 256 с.
3. Авт. свидетельство СССР: С 08 L 77/00. – № 611443. – 1978.
4. Патент РБ :С 08 L 77/00. – № 4726 – 1998.
5. Карякина, М.И. Испытание лакокрасочных материалов и покрытий / М.И. Карякина. – М.: Химия, 1988. – 272 с.
6. Яковлев, А.Д. Порошковые краски / А.Д. Яковлев. – Л.: Химия, 1987. – 216 с.
7. Липатов, Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров / Ю.С. Липатов. – М., Химия, 1977. – 304 с.

УДК 620.22:620.17

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

Р.Г. Шаповалов, Т.А. Рыбинская

Технологический институт Южного федерального университета, Таганрог

Чистые металлы редко применяются для изготовления изделий, но широко используются при производстве электронной аппаратуры, биомедицинской техники. Многие металлы обладают способностью к взаимному растворению и образованию соединений различного типа, что позволяет получать большое число сплавов. Сплавы обладают большим разнообразием физических, механических, технологических свойств, существенно превосходящих свойства чистых металлов [1].

Для придания материалам необходимых качеств широко применяется *термическая обработка*, которая особенно эффективна, если растворимость одного из его компонентов в другом меняется с изменением температуры и если хотя бы один из компонентов имеет аллотропические модификации [1].

При наличии хотя бы одной из этих особенностей возникает возможность закалки. Сплав, получающийся в результате закалки, имеет неустойчивую структуру. Для придания ему большей устойчивости выполняется отпуск. В процессе отпуска часть легирующей добавки выделяется из пересыщенного раствора в виде включений с поверхностью раздела. При этом уменьшается прочность, но повышаются пластичность и ударная вязкость.

Отжиг – вид термической обработки, состоящий в нагреве до температуры закалки и медленном охлаждении, позволяет полностью снять остаточные напряжения.

Если металл в холодном состоянии подвергнуть предварительной деформации (нагартовке, накатке роликами, волочению, обработке дробью и т.д.), то его структура изменяется, увеличивается число дефектов – происходит скопление дислокаций вблизи таких препятствий, как поверхности раздела. Сильно искажается решетка, повышается предел текучести и снижается пластичность. Этот процесс механической холодной деформации называется *наклепом*. Изменения в металле при наклепе связаны с накоплением внутри металла части энергии, затраченной при механическом воздействии на металл. Другая часть этой энергий – тепловая энергия – рассеивается в окружающей среде. Наклеп используется в технике с целью повышения прочности изделий.

Наклепанное состояние металла неустойчиво – в нем самопроизвольно происходит снятие искажений структуры, вызванных наклепом. Этот обратный процесс называется *отдыхом*, или возвратом металла. При комнатной температуре отдых происходит очень медленно; он значительно ускоряется при нагреве (для углеродистой стали – до температуры 200...400 °С). Поэтому часто отдыхом называют снятие искажений в наклепанном металле при нагреве до определенной температуры и выдержке при ней, т.е. отдых можно рассматривать как разновидность термической обработки. При отдыхе в структуре металла не происходит заметного изменения, но свойства металла приближаются к тем, которые были до деформации. Полного устранения искажений в структуре, внесенных в металл наклепом, при отдыхе не происходит.

Для полного снятия наклепа необходим нагрев до более высокой, чем при отдыхе, температуры. В этом случае в металле происходит процесс *рекристаллизации*, заключающийся в восстановлении исходных свойств наклепанного металла. При рекристаллизации зерна металла перестраиваются: укрупняются, становятся равновесными, т.е. размеры зерен во всех трех измерениях оказываются одного порядка. Происходит уменьшение суммарной поверхности границ между зернами, и металл становится менее прочным и твердым, но более пластичным.

Сопротивление коррозии металлов и сплавов под действием атмосферы и воды (речной и морской) часто обеспечивается образованием поверхностной защитной пленки. Например, в нержавеющей стали такая пленка образуется при наличии в стали легирующих добавок: Cr, Al, Ni, Si. Чтобы пленка сохранялась, в металле не должно быть фазовых превращений, которые могут вследствие изменения объема разрушить защитную пленку; металл должен обладать однородностью строения, чтобы не возникло вызывающих коррозию начальных потенциалов между различными структурными составляющими.

Эффект Ребиндера заключается в облегчении деформации и разрушения твердых тел в среде, содержащей вещества, которые обладают физико-химическим сродством с данным телом [2].

При внешнем адсорбционном эффекте благодаря адсорбированию слоя поверхностно-активных веществ понижается поверхностная энергия твердого тела, что приводит к облегчению выхода дислокаций.

Внутренний адсорбционный эффект вызывается адсорбцией поверхностно-активных веществ на внутренних поверхностях раздела зародышевых микротрещин разрушения, возникающих в процессе деформации. Вследствие обратимой адсорбции материалом поверхностно-активных веществ из окружающей среды облегчаются упругая, особенно пластическая, деформация и разрушение материала. При растяжении монокристалла металла образуются микрощели с радиусом кривизны в вершине порядка нескольких ангстремов. Если при этом деформируемый образец помещен в жидкость с поверхностно-активными веществами, то происходит проникновение адсорбционных слоев молекул из жидкости в микрощели. В упругой области микрощели при разгрузке смыкаются.

Эффект Ребиндера существенно зависит от продолжительности контакта материала с внешней адсорбционно-активной средой, т.к. вещество окружающей среды проникает в микрощели постепенно. Спустя некоторое время происходит полное проникновение поверхностно-активного вещества внутрь образца – образец «набухает». Вследствие разъединения частей

металла заполненными микротрещинами резко падает его электропроводность. Адсорбция поверхностно-активных молекул расширяет, расклинивает слабые места в окрестности дефектов на поверхности материала и способствует развитию микрощелей.

В ряде материалов при неизменных внешних условиях с течением времени происходит самопроизвольное изменение упругих и механических свойств. Такие явления, имеющие различную в разных случаях физико-химическую природу, называются *старением материала.* В металлах старение связано со структурными преобразованиями, которые происходят вследствие преодоления первоначальной неустойчивости структуры, возникшей, например, вследствие термической обработки.

При старении стали уменьшается остаточное относительное удлинение, повышается предел текучести, уменьшается ударная вязкость, т.е. сталь становится более хрупкой. Длительность процесса старения стали в разных случаях различна – от десятков лет до нескольких дней. При нагреве стали после пластических деформаций создаются условия для искусственного старения стали, которое может произойти в течение нескольких часов. Чем крупнее зерно в стали и чем больше в ней примесей, тем больше она склонна к старению. Оценки склонности к старению делают согласно ГОСТ 7268-82.

Влияние на прочность *скорости деформации* изучено слабо. В одних случаях увеличение скорости деформации приводит к тому, что материал, пластичный при статическом испытании, при высоких скоростях становится хрупким; в других – при повышении скорости деформации материал становится пластичнее и приобретает большую вязкость. Если при определенной скорости деформации предел текучести, повышаясь, достигает значения предела прочности, то происходит переход к хрупкому разрушению материала. Таким образом, увеличение скорости деформации способствует появлению хрупкости.

Сопротивление образца или изделия разрушению зависит от его размеров. Такое влияние размеров называют *масштабным фактором прочности.* Сопротивление отрыву с увеличением размеров поперечного сечения стержня значительно уменьшается. Прочность тонких нитей значительно выше, чем прочность нитей большего поперечного сечения, изготовленных из того же материала. Это явление имеет статистическую природу – вероятность наличия дефекта, ослабляющего тело, с увеличением его размеров возрастает. Это справедливо для всех размеров образца. Например, прочность стеклянной нити с увеличением ее длины (при неизменном поперечном сечении) уменьшается.

При достижении некоторого размера образца падение прочности с увеличением размеров прекращается. Зависимость прочности от размера сечения образца имеет асимптотический характер. Это объясняется тем, что при размере, начиная с которого уже не наблюдается дальнейшего понижения прочности, в образце образуется стандартная ситуация дефектов, характерная для данного материала, которая в изделиях большего размера просто повторяется в любом из объемов, равных объему образца.

Литература

1. Материаловедение. Технология конструкционных материалов: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по направлению «Электротехника, электромеханика и электротехнологии». – 3-е изд., стер. – М.: Омега-Л, 2007. – 752 с.: ил.
2. Кормилицын, О.П. Механика материалов и структур нано- и микротехники: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П. Кормилицын, Ю.А. Шукейло. – М.: Академия, 2008. – 244 с.

УДК 519.711.3; 517.958:536.2; 517.958:531.12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «THERMOSIM 2»

А.В. Лемзиков, Д.Г. Иванов
УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Минск;
С.П. Кундас
УО «Международный государственный экологический университет им. А.Д.Сахарова», Минск

Индукционный нагрев, в отличие от печного, обладает более высокими показателями повторяемости и управляемости. Благодаря применению современных генераторов удается достигнуть кпд перевода электрической энергии в тепловую порядка 90%.

В то же время, путем варьирования частотой и временем воздействия, появляется возможность нагревать локальные области детали, формируя заданные эксплуатационные характеристики в определенных слоях.

Следует отметить, что эффективность применения индукционного нагрева зависит от большого числа параметров. Можно выделить следую-