

При ударно-абразивном износе в зоне трения наблюдается интенсивное выкрашивание твердых частиц. Степень выкрашивания зависит от пластичности матрицы, которая определяется количеством аустенита в структуре. Наименьшее выкрашивание обеспечивается определенным содержанием аустенита в структуре. Кроме того аустенит при деформации в зоне трения может превращаться в мартенсит, что резко повышает износостойкость.

Наибольшую ударно-абразивную износостойкость имеют наплавленные покрытия полученные из отходов стали Р6М5 и Х6ВФ предварительно подвергнутых насыщению азотом, углеродом и бором. При этом износостойкость покрытий из отходов стали Р6М5 в 2,2; 3,1 раза выше эталона Т590. Аналогично и для покрытий, полученных из отходов стали Х6ВФ, только повышение износостойкости в 1,6 – 1,7 выше эталона. Такая высокая износостойкость данных покрытий обусловлена значительным содержанием твердых частиц высокой твердости и аустенита в структуре.

Наплавленные покрытия, полученные из отходов стали Р6М5 подвергнутые цементации имеют износостойкость близкую к эталону Т590, так как структура данных покрытий близка к структуре эталона. Анализ поверхностей трения наплавленных покрытий при ударно-абразивном износе показывает, что у эталона Т590 имеются значительные очаги выкрашивания (рис. 1, а). У разработанных покрытий, имеющих максимальную износостойкость очагов выкрашивания не наблюдается (рис. 2, б). Покрытия полученные из отходов стали Х6ВФ предварительно подвергнутых ступенчатому насыщению азотом – углеродом – бором имеют большую износостойкость в 1,6 – 2,2 раза большую, чем эталоны.

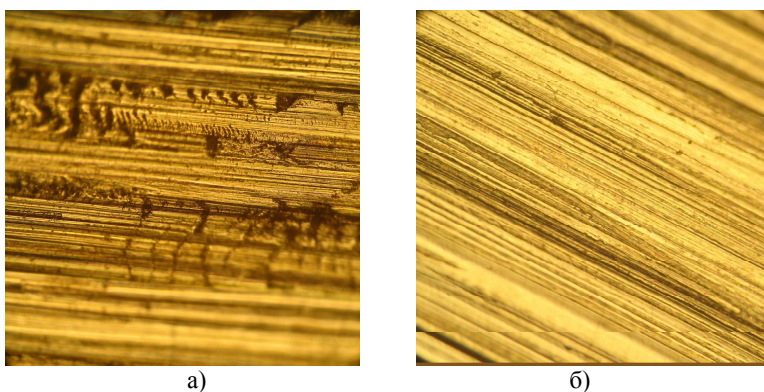


Рисунок 1 – Поверхность трения после ударно – абразивного износа эталона Т590 (а) и покрытия, полученного из отходов стали Р6М5, подвергнутых насыщению азотом-углеродом-бором. $\times 200$

УДК 669.018.2

Интеллектуальные металлические материалы

Студентка гр.104216 Федорова И.В.
Научный руководитель – Пучков Э.П.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Интеллектуальный – это слово часто можно услышать в рекламе новых товаров. Но зачастую интеллектуальным называют любое сложное высокотехнологичное изделие. Между тем устройство является действительно интеллектуальным, лишь если оно способно реагировать на изменение внешних условий. Под изменением внешних условий, мы понимаем изменение природных условий, условий эксплуатации или перемещение конструкций в пространстве. А реакцией является изменение характеристик устройства.

Устройства, чувствующие внешние условия и способны изменять свои характеристики, имеют множество преимуществ по сравнению с обычными устройствами: они эффективнее, медленнее изнашиваются и имеют меньшие эксплуатационные затраты.

Рассмотрим один вид интеллектуальных металлических материалов – сплавы с эффектом памяти формы (ЭПФ).

Сплавы с памятью формы – это сплавы, которые имеют необычное свойство помнить о деформациях. Этот эффект состоит в каучукоподобном поведении, при котором восстанавливаются большие деформации при постоянной температуре (эффект суперупругости), а также в полном восстановлении деформации в результате изменения температуры.

В основе ЭПФ большинства сплавов лежат термоупругие мартенситные превращения (ТУМП). Теория мартенситных превращений основывается на изменении структуры кристаллической решетки, состоящая в появлении микроструктур мартенситной фазы. Такие переходы не связаны с диффузией или изменением химического состава и являются основой высокотемпературных методов обработки металлов.

Для полного восстановления формы необходимо, чтобы мартенситное превращение являлось кристаллографически обратимым. Кристаллографическая обратимость превращения предполагает не только восстановление кристаллической структуры, зависящей от обратного превращения, но и восстановление кристаллографической ориентировки исходной фазы перед превращением. Кроме того, необходимо, чтобы деформация осуществлялась без участия скольжения, так как скольжение является необратимым процессом и при нагреве деформация не устраняется.

При охлаждении материала из аустенитного состояния мартенсит начинает образовываться с некоторой температуры M_n . При дальнейшем охлаждении количество мартенситной фазы увеличивается, и полное превращение аустенита в мартенсит заканчивается при некоторой температуре M_f . Ниже этой температуры термодинамически устойчивой остается только мартенситная фаза. При нагреве превращение мартенсита в аустенит начинается с некоторой температуры A_n и полностью заканчивается при температуре A_f . При полном термоциклировании получается гистерезисная петля. Шири-на гистерезисной петли по температурной шкале $A_f - M_n$ или $A_n - M_f$ может быть различной для разных материалов: широкой или узкой.

Важно отметить, что при ТУМП (в отличие от обычных мартенситных превращений, например в сталях) межфазные границы между А и М сохраняют когерентность и являются легко подвижными. При охлаждении (прямое превращение) в интервале температур ($M_n - M_f$) зарождаются и растут кристаллы мартенсита, а при нагреве (обратное превращение) в интервале температур ($A_n - A_f$) кристаллы мартенсита исчезают (превращаются в аустенит) в обратной последовательности.

Для изотропного материала при отсутствии внешних напряжений мартенситные пластины, образующиеся при прямом превращении, не имеют преимущественной ориентировки, и локальные сдвиговые деформации в среднем по объему компенсируются. В процессе обратного превращения (М в А) перестройка решетки в исходную протекает строго в обратной последовательности. При этом не наблюдается макроскопического изменения формы материала, за исключением небольшого изменения объема (например, для сплава на основе TiNi изменение объема составляет около 0,34 %, что на порядок меньше, чем для сталей (> 4 %)).

В случае наличия в материале ориентированных напряжений (например, действие внешней нагрузки) мартенситные пластины приобретают преимущественную ориентировку, и локальные сдвиговые деформации приводят к макроскопическому изменению формы образца. В процессе обратного превращения (М в А) перестройка решетки происходит по принципу «точно назад», при этом локальные сдвиговые деформации исчезают и, следовательно, устраняется макроскопическое изменение формы. Внешнее проявление такого поведения материала интерпретируется как ЭПФ.

Сплавы с ЭПФ позволяют создавать принципиально новые конструкции и технологии в различных отраслях машиностроения, авиакосмической и ракетной техники, приборостроения, энергетики и т.д. Широко применяются в медицине для соединения костных фрагментов, при лечении сколиоза и костных сосудов.

Из большинства сплавов с ЭПФ наиболее перспективными для практического применения являются сплавы Ni Ti эквивалентного состава (примерно 50:50 % (ат.)), обычно называемые никелидом титана или нитинолом. Изменение состава лишь на 0,1 атомный процент может изменить температуру перехода на 20 и более градусов. По этой причине технологические условия получения сплавов Ni Ti должны выполняться очень строго. Для обеспечения однородности сплава, позволяющей контролировать температуру перехода в пределах 5°C, часто используют индукционное плавление металла. Хотя он дорогой, но имеет наибольшую восстанавливаемую деформацию.

Реже используют более дешевые сплавы на основе меди – Cu – Al – Ni и Cu – Al – Zn. Их недостатком является то, что у них высокая хрупкость.

В космосе необходимо создание орбитальных станций. Например, антенна саморазворачивающейся конструкции. Она состоит из листа и стержня из сплава Ti - Ni, которые свернуты в виде спирали и помещены в углубление в искусственном спутнике. После запуска спутника и выведения его на орбиту антенна нагревается с помощью специального нагревателя или тепла солнечного излучения, в результате чего она выходит в космическое пространство, так же создана уникальная технология соединения элементов в открытом космосе и использованием муфты из сплава Ti-1.

В интеллектуальных структурах материалы с ЭПФ используют двумя способами. Во-первых, в качестве механических и силовых преобразователей создающих движение. Они заменяют сложные механические устройства приведения в движение, в этом случае движение задается электрическим сигналом системы управления, действующей на основании показания датчиков. К ним относятся, например, летательные аппараты с изменяемой геометрией крыла. В этих механизмах активаторы из материалов с ЭПФ изменяют геометрическую форму «гибких» структур подобно действию человеческих мускул. Действие силового преоб-

разователя из сплава с ЭПФ состоит в постепенном изменении размеров в процессе нагрева вследствие фазового перехода.

Второй подход использования сплавов с ЭПФ в интеллектуальных структурах – силовые преобразователи из сплава с ЭПФ распределяют по объему или по поверхности конструкции. Например, силовые преобразователи в виде проволоки из сплава с ЭПФ вводят в структуру композиционных материалов. Они эффективно демпфируют вибрацию и изменяют форму деталей из композиционных материалов.

УДК 669.14.018.29

Применение новых высокопрочных и сверхпрочных материалов с высокой пластичностью (TRIP – стали) в современной промышленности

Студент гр. 104216 Удот А. Ю.
Научный руководитель – Пучков Э. П.
Белорусский национальный технический университет
г. Минск

В данной статье рассмотрены вопросы получения TRIP – сталей, а также примеры применения их в автомобилестроении и некоторых других отраслях (авиастроение, медицина).

TRIP – стали по сравнению с обычными (конструкционными низколегированными) сталями обладают повышенной прочностью и одновременно пластичностью, т.е. при равной прочности (пределом текучести) обладают в 2-3 раза большей пластичностью, что обеспечивают им преимущества в процессе штамповки и формования. Применяется для изготовления высоконагруженных деталей: проволоки, тросов, крепежных деталей. В наибольшей степени данные свойства стали востребованы в современной автомобильной промышленности так как может быть использована для производства более сложных деталей, обеспечивая большую свободу инженерам при выборе дизайна, оптимизации (снижении) веса и общей технологии производства автомобиля.

Метастабильные высокопрочные аустенитные стали называют TRIP – сталями (TRIP – от начальных букв слов Transformation Induced Plasticity) или ПНП – сталями (пластичность, наведенная превращением). Эти стали содержат 8...14% Cr, 8...32% Ni, 0,5...2,5%Mn, 2...6%Mo, до 2% Si. Пример марочного состава: 30X9H8M4Г2C2, 25H25M4Г1. Отличительной особенностью сталей является то, что после аустенизации при 980...1200°C температуры мартенситного превращения МН и МД (начало образования мартенсита деформации), находятся ниже 20°C, т.е. стали имеют аустенитную структуру.

Для придания стали высоких механических свойств после аустенизации ее подвергают 80%-ной деформации (прокатка, волочение, гидроэкструзия и т.д.) при 250...550°C (ниже температуры рекристаллизации). При деформации аустенит претерпевает наклеп и обедняется углеродом, что приводит к повышению точек МН и МД. При этом точка МД становится выше 20°C. При охлаждении, следовательно, аустенит становится метастабильным и при его дальнейшем деформировании происходит мартенситное превращение. Поэтому при испытании на растяжение участки аустенита, где локализуется деформация, претерпевают мартенситное превращение, что приводит к местному упрочнению, и деформация сосредотачивается в соседних (неупрочненных) объемах аустенита. Следовательно, превращение аустенита в мартенсит исключает возможность образования “шейки”, что объясняет высокую пластичность ПНП-сталей.

Механические свойства ПНП-сталей:

$$\sigma_{0,2} = 1400 - 1500 \text{ Мпа}; \quad \sigma_b = 1500 - 1700 \text{ Мпа}; \quad \delta = 50 - 60 \text{ \%}.$$

Характерным для этой группы сталей является высокое значение вязкости разрушения и предела выносливости σ_1 . При одинаковой или близкой прочности ПНП-стали пластичнее, а при равной пластичности имеют более высокий предел текучести, чем мартенситно-стареющие стали или легированные высокопрочные стали.

Эти стали, используют для изготовления высоконагруженных деталей: проволоки, тросов, крепежных деталей и др.

Известна новая высокопрочная сталь с нестабильным аустенитом 23X15H5CM3Г, микролегированная Ti, измельчающим зерно аустенита, для изготовления холодного проката, используемого для ответственных деталей авиатехники, работающих в условиях воздействия циклических нагрузок, также различных типов труб с целью транспортировки газа или нефти т.д.

Применительно к высокопрочным коррозионностойким сталям с аустенитной структурой, используемым в производстве тонкого стержневого медицинского инструмента и упругих элементов, была разработана практически безуглеродистая ($C < 0,03\%$) высокопрочная коррозионностойкая аустенитная сталь на