

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

Fe-Cr-Ni основе, дополнительно легированная Co, Mo, Ti и Al, предназначенная для изготовления высокопрочной проволоки тонких и тончайших сечений (сталь 03X14H11K5M2ЮТ).

Рассмотрим изменение механических и физических свойств аустенитной стали 03X14H11K5M2ЮТ на всех этапах обработки.

На первом этапе рассматриваемой технологии – аустенитизации – установлено, что микроструктура исследуемой стали 03X14H11K5M2ЮТ после закалки от температур 800-1300 °С состоит практически из 100% аустенита. Наилучшей температурой нагрева под закалку с точки зрения оптимального сочетания прочностных и пластических свойств является температура 1000 °С. Механические свойства после закалки составляют:

$\sigma_{\text{в}} = 540$ МПа, $\sigma_{0,2} = 245$ МПа, $\delta = 65$ %, $\psi = 85$ %.

Дальнейшей технологической операцией является деформирование волочением. Особенностью легирования исследуемой аустенитной стали является низкое содержание углерода и легирование такими элементами как, Ni и Co, уменьшающее степень закрепления дислокаций, что позволяет проводить высокие суммарные пластические деформации. Наличие деформационно-метастабильного аустенита, протекание мартенситных превращений и ТРИП-эффекта позволило проводить холодную пластическую деформацию с чрезвычайно высокими степенями обжатия ($\epsilon = 2,32$; 3,20; и порядка 5) и получать в структуре нанокристаллическое состояние. Электронно-микроструктурные исследования метастабильной аустенитной стали позволили установить причину её высокой пластичности, обусловленную совместным действием равномерного скольжения, микродвойникования и мартенситных превращений с интенсивностью, обеспечивающей образование субмикроструктур мартенсита. Так, исследуемая сталь была протянута с диаметра 14,3 мм на диаметр 2,77 мм; с диаметра 7,0 мм на диаметр 0,5 мм; с диаметра 3,0 мм на диаметр 0,15 мм без промежуточных смягчающих обработок, при этом прочностные свойства составляли:

- $\sigma_{\text{в}} = 1480$ МПа, $\sigma_{0,2} \approx 1200$ МПа, $\delta \approx 4$ % на диаметре 2,77 мм;
- $\sigma_{\text{в}} \approx 2000$ -2150 МПа, $\sigma_{0,2} \approx 1000$ -1400 МПа, $\delta \approx 2$ % на диаметре 0,5 мм;
- $\sigma_{\text{в}} \approx 2200$ -2150 МПа, $R_{\text{узл}} \approx 50$ % на диаметре 0,15 мм.

Таким образом, интенсивной холодной пластической деформацией удаётся повысить прочностные свойства более чем в 4 раза. Дополнительно увеличить прочностные свойства и сформировать высокий комплекс физикомеханических свойств на проволоке или готовых изделиях позволяет последеформационное старение. Старение деформированной стали вызывает дополнительное повышение механических свойств, которое связано с процессами распада мартенсита деформации.

Получение повышенного количества аустенитной фазы в образцах исследуемой стали может привести к занижению степени упрочнения при последующем старении. Естественно изменение твердости связано в первую очередь с процессом распада пересыщенных твердых растворов.

После закалки, деформации $\epsilon = 2,32$ и старения при 500°С механические свойства составляют: $\sigma_{\text{в}} = 2480$ МПа, $\sigma_{0,2} = 1900$ МПа, $\psi = 45$ %, $\delta = 2$ % на диаметре 2,77 мм; $\sigma_{\text{в}} = 2850$ -3000 МПа, $R_{\text{узл}} > 50$ % на диаметре 0,15 мм.

УДК 669:620.18

Определения балла зерна стали компьютерными методами

Студент гр.104215 Бислюк Л.В.

Научный руководитель – Анисович А.Г.

Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Цель работы: проанализировать этап определения размера зерна стали и оценить эффективность методики определения балла зерна стали компьютерными методами.

За последнее десятилетие разрешены основные проблемы полной автоматизации количественного микроанализа с использованием принципа сканирования структуры и телевизионной техники. Созданы надёжно работающие промышленные устройства, автоматически анализирующие структуру, с использованием методов стереометрической металлографии. Это открывает весьма широкие перспективы дальнейшего развития и распространения методов.

Стандартной методикой определения размера и балла зерна стали является ГОСТ 5639-82 Методы выявления и определения величины зерна.

- Визуального сравнения видимых под микроскопом зерен с эталонами шкал;
- Подсчета количества зерен, приходящихся на единицу поверхности шлифа, с определением среднего диаметра и средней площади зерна;
- Подсчета пересечений границ зерен отрезками прямых с определением среднего условного диаметра в случае равноосных зерен, количества зерен в 1 мм^3 в случае неравноосных зерен;