

мелкозернистой структурой. Такой тип микроструктуры должен способствовать повышению стабильности функциональных свойств сплав Гейслера в результате многократных циклов мартенситного превращения.

Анализ термического расширения в области мартенситного превращения показывает, что в результате комплексной ДТО в сплаве наблюдается анизотропия скачкообразного изменения геометрических размеров образца. Формирование как можно большей величины анизотропии прямо отражается на величине ферромагнитного эффекта памяти формы.

Работа выполнена в рамках госзадания ИПСМ РАН и при поддержке гранта РФФИ 18-08-01434 А.

Влияние температуры пластической деформации методом экструзии на анизотропию термического расширения сплава Гейслера системы Ni-Mn-Ga

Гайфуллин Руслан Юнусович¹

Мусабилов Ирек Ильфирович², Сафаров Ильфат Миндигалеевич², Галеев Рафаил Мансурович²,

Абдуллина Динара Рамиловна¹

¹*Баширский государственный университет*

²*Институт проблем сверхпластичности металлов РАН*

Мусабилов Ирек Ильфирович, к.ф.-м.н.

gaiullin_1998@bk.ru

В сплавах Гейслера в области комнатных температур протекает мартенситное превращение, в интервале которого наблюдаются такие эффекты как ферромагнитный эффект памяти формы и магнитокалорический эффект. Благодаря этим эффектам сплавы относят к классу функциональных материалов. Недостатком данных сплавов является то, что при циклическом протекании прямого и обратного мартенситного превращения поликристаллические образцы подвержены разрушению. В металлах и сплавах основным способом повышения механических свойств и параллельно усиления анизотропии физических свойств, в том числе и кристаллографической текстуры является деформационно-термическая обработка материала такими методами как, например, прокатка, интенсивная пластическая деформация кручением (ИПДК), всесторонняя изотермическая ковка (ВИК) и др. При этом большинство методов ДТО, применяемых для получения новых материалов с требуемыми свойствами не лишены некоторых недостатков. Например, прокатка и ИПДК ограничены в размерах конечных заготовок материала, получаемых в виде тонких пластин. При деформации сжатием (осадке) модифицированная структура заготовки получается неоднородной по объему. С этих позиций наибольшую практическую значимость имеет метод ВИК, позволяющий добиться формирования требуемой микроструктуры в объемной заготовке без присущей другим методам неоднородности. Однако возникает вопрос об устойчивости эффекта при многократных циклах мартенситного превращения. Для усиления функциональных эффектов необходимо в материале получить острую кристаллографическую текстуру. В процессе обработки ковкой и в процессе протяжки на последних этапах деформации возможно создание текстуры. Однако ее острота может быть недостаточной. Для получения материала с острой кристаллографической текстурой наиболее интересным методом является экструзия. Этот метод позволяет получить острую кристаллографическую и металлографическую текстуры и повысить анизотропию некоторых физических свойств, тем самым повысить величину ферромагнитного эффекта памяти формы. Формирование деформационными методами в обрабатываемом материале, наряду с кристаллографической текстурой, так и больших полей внутренних напряжений также является одной из важных задач повышения функциональных характеристик материала.

В данной работе приведены результаты исследования влияния температуры деформационной обработки ковкой с последующей экструзией на мартенситное превращение в сплаве Гейслера семейства Ni₂MnGa. Проведен сравнительный анализ температурной зависимости термического расширения сплава после комбинированной ДТО ковкой при 700°C и экструзией, проведенной либо при 700°C либо при 600°C.

Исследование проведено на dilatометре с датчиком перемещения на основе дифференциального трансформатора. Запись кривых $\Delta l/l(T)$ проводилась при нагреве и охлаждении образца в интервале от +150°C до +240°C, в котором реализуется мартенситное превращение. Анализ полученных данных показывает, что деформационно-термическая обработка поликристаллического сплава Гейслера методом ВИК с последующей экструзией при 600°C и 700°C приводит к формированию анизотропии термического расширения в области мартенситного превращения. Так образцы, вырезанные поперек оси экструзии, в процессе прямого мартенситного превращения испытывают скачкообразно сокращение длины. При этом вклад мартенситного превращения в скачкообразное изменение относительного удлинения образца в случае обоих образцов отличается. В образце, который подвергся экструзионной обработке при 600°C величина вклада мартенситного превращения в изменение относительного удлинения образца меньше, чем после экструзии при 700°C. Хотя

более низкая температура деформации должна способствовать формированию большего уровня внутренних напряжений, что должно способствовать усилению анизотропии термического расширения. Также в результате деформационной обработки наблюдается смещение характерных температур мартенситного превращения в область более низких температур. Такое поведение характерно для данного объекта исследований, поскольку оно обусловлено затруднением движения в деформированной структуре дислокаций превращения, которые представляют собой мартенситные ступени атомных размеров на межфазных границах.

Визуализация единичных молекул асфальтенов, осажденных на слюду

Гилязова Гульюза Фанузовна

Шаринов Талгат Ишмухамедович

Башкирский государственный университет

Шаринов Талгат Ишмухамедович

gilyazovagulyuza@gmail.com

Многие процессы бурения скважин, добычи и транспорта нефти и нефтепродуктов связаны с трудностями, возникающими в результате неожиданного проявления физико-химических свойств нефтей [1] в разных внешних условиях. Одним из таких негативных факторов при эксплуатации трубопроводов и другого оборудования является отложение на их внутренних поверхностях твердых отложений: смолисто-парафинистых компонент и асфальтенов [2]. Все это ведет к снижению КПД работы оборудования и порче материалов. Изучив структуру молекул асфальтенов [3], можно в дальнейшей перспективе применить полученные знания для снижения негативного влияния этих отложений.

Асфальтены представляют собой хрупкие и твердые вещества черного цвета, которые имеют высокую температуру кипения. Оценить молекулярную массу молекул асфальтенов трудно, так как они самоассоциируются. В настоящий момент их молекулярный вес колеблется в диапазоне 500-2000 г/моль. Асфальтены переходят в вязкое пластическое состояние при температурах 200-300 °С, а при более высоких температурах они разлагаются и выделяют жидкие углеводороды, газ и нерастворимый в обычных растворителях твердый коксовый остаток. Известно, что в составе асфальтенов содержится основное количество солей, золообразующих компонентов, металл-, азот-, кислород- и серосодержащих соединений.

В докладе будут представлены результаты исследования органических молекул, в частности нефтяных асфальтенов, с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ). Был выбран полуконтактный режим работы микроскопа и были получены АСМ-изображения асфальтенов, растворенных в толуоле и адсорбированных в виде тонкой пленки на поверхности подложки. В качестве подложки применяли свежий скол слюды. При разработке методики приготовления образцов асфальтена перед нами ставилась задача нахождения оптимальной концентрации асфальтенов в толуоле, при которой на АСМ-изображении можно идентифицировать надмолекулярную структуру или отдельную молекулу асфальтенов. Учитывая результаты других исследователей [4], было решено использовать рабочий раствор с концентрацией асфальтенов в толуоле меньше или равно 0,1 г/л. Небольшие объемы рабочего раствора различной концентрации мы наносили на подложку так, чтобы получалась пленка. Кроме варьирования концентрации асфальтенов в растворе толуола, мы изменяли некоторые другие параметры эксперимента с целью получения наиболее качественных АСМ-изображений.

Метод нанесения пленки асфальтенов на подложку заключался в следующем: гидрофобную подложку опускали в плоский сосуд с дистиллированной водой, затем на поверхность воды с помощью дозатора наносили каплю раствора асфальтена. После того, как раствор образует на поверхности воды нанослой асфальтенов, не задевая пленку, с помощью пинцета зацепляли подложку с краев и поднимали ее движением вверх сквозь образовавшуюся на воде пленку асфальтенов.

Экспериментально проверяли два случая: в первом подложка была ориентирована в пространстве вертикально, во втором - горизонтально. Затем извлеченную подложку сушили на воздухе в течение нескольких часов до полного высыхания с образованием пленки асфальтенов. После чего полученный образец исследовали методом АСМ.

На полученном АСМ-изображении (*рис. 1а*) наблюдаются объекты разной формы и разных геометрических размеров, являющиеся, по нашему мнению, кластерами молекул асфальтенов, а самые малые из них – единичными молекулами. Большая часть малых объектов имеют приблизительно одинаковые размеры. Их высота была в пределах $1,5 \pm 0,14$ нм, а ширина $26,2 \pm 1,93$ нм. В качестве примера приведен профиль сечения по одному из таких объектов (*рис. 1б*). Анализируя профиль сечения, можно сказать, что данный кластер имеет высоту 1,37 нм, ширину 26 нм. В результате работы были четко визуализированы кластеры и