

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.373:538.91

А. В. Алифанов, И. А. Богданович, О. И. Наранович, Т. Я. Богданова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Введение. Традиционно под термином «рекристаллизация» подразумевают совокупность процессов, связанных с образованием и миграцией большеугловых границ зерен [1–3]. Процесс рекристаллизации приводит к полной или частичной замене одних зерен, содержащих те или иные дефекты, другими зернами, иными словами, это процесс зарождения и роста новых зерен с меньшим количеством дефектов строения. Выделяют следующие виды рекристаллизации: первичная, собирательная, вторичная [1–6].

Опыт исследований авторами настоящей статьи упрочняющего воздействия магнитно-импульсной обработки поверхности стальных изделий показал, что наиболее эффективным периодом для магнитно-импульсной упрочняющей обработки является первичная рекристаллизация, в процессе которой происходит интенсивный рост мелких зерен, приводящий к образованию мелкозернистой однородной структуры, а также к некоторому снижению твердости и повышению пластичности, что в совокупности приводит к существенному повышению прочности и износостойкости поверхностного слоя [7].

Основной задачей настоящей работы является аналитическое исследование различных стадий рекристаллизации на структуру и механические свойства различных металлов и сплавов.

Основная часть. В промежутке «начало-окончание» рекристаллизации могут происходить существенные изменения структуры и механических свойств металлических изделий. Это хорошо видно на рисунке, где схематически изображено влияние различных стадий рекристаллизации на перечисленные выше изменения.

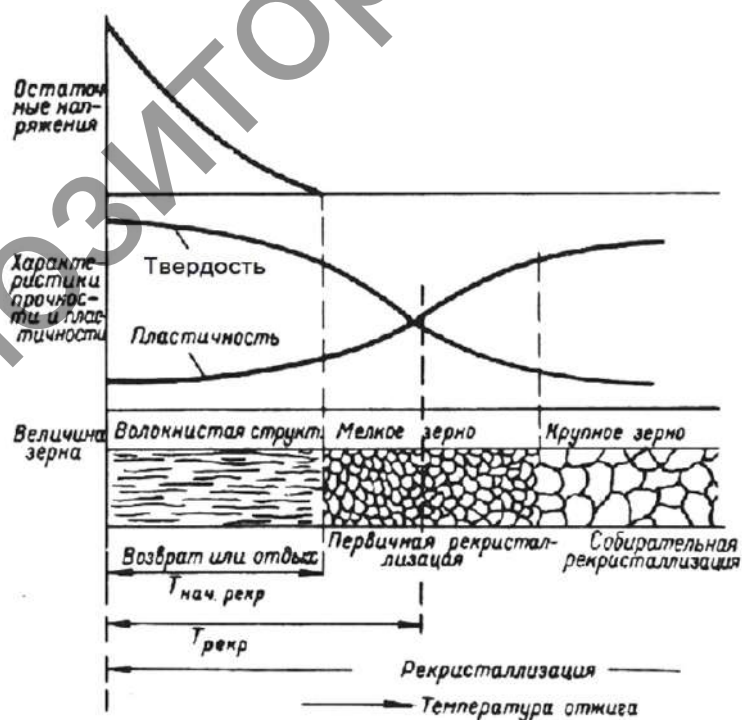


Рисунок — Схематическое изображение влияния различных стадий рекристаллизации на структуру и механические свойства металлов и сплавов

Из рисунка видно, что с началом первичной рекристаллизации текстурированная из-за предшествующего деформационного процесса структура изделия начинает превращаться в мелкозернистую, однородную, при этом уменьшаются остаточные напряжения и твердость изделия, но повышается пластичность.

При дальнейшем нагреве исследуемого материала начинается процесс собирательной рекристаллизации, сопровождаемый значительным увеличением зерен и снижением твердости, но повышением пластических свойств.

Следует отметить, что в большинстве случаев начало собирательной рекристаллизации может не совпадать с моментом окончания первичной рекристаллизации. В некоторых участках структуры еще может идти первичная рекристаллизация, а в других может уже начаться собирательная рекристаллизация, если зерна пришли в соприкосновение [1–3].

Основной задачей при назначении режимов упрочняющей обработки является определение температурного интервала, в котором происходит первичная рекристаллизация, измельчение зерна, при этом прочность изделия обеспечивается некоторым снижением твердости и повышением пластичности.

Известно, что высокая твердость часто приводит к повышенной хрупкости, что недопустимо для изделий, работающих в условиях высоких давлений и ударных нагрузок. Поэтому для таких изделий необходимо выдерживать рациональное соотношение твердости и пластичности, обеспечивающее наиболее возможную прочность изделия.

Для определения температуры начала рекристаллизации различных металлов и сплавов воспользуемся упрощенным соотношением, выражающим связь между температурами рекристаллизации t_p и плавления $t_{пл}$ [8]: $t_p = (0.4 \div 0.45)t_{пл}$

В таблице приведены температуры плавления сталей распространенных марок различного назначения [9, 10].

Т а б л и ц а — Температуры плавления сталей различных марок

№ п/п	Марка стали	Вид стали	Температура плавления, $t_{пл}$, °C
1	X28Л и X34Л	Стали для отливок	1350
2	12X18Н10Т	Сталь конструкционная	1400
3	20X20Н14С2	Жаропрочная высоколегированная	1400
4	20X25Н20С2	Жаропрочная высоколегированная	1400
5	12X18Н10	Сталь конструкционная	1410
6	12X18Н9	Сталь коррозионно-стойкая	1410
7	X20Н35	Сталь жаропрочная	1410
8	20X23Н18 (ЭИ417)	Сталь жаропрочная высоколегированная	1415
9	12X18Н9Т	Сталь коррозионно-стойкая жаропрочная	1425
10	20X23Н13	Сталь жаропрочная высоколегированная	1440
11	X25С3Н (ЭИ261)	Сталь коррозионно-стойкая	1480
12	40X9С2 (ЭСХ8)	Сталь жаропрочная высоколегированная	1480
13	95X18; 15X28	Стали коррозионно-стойкие	1500

Из таблицы видно, что температуры плавления сталей различных марок не намного отличаются друг от друга (от 1350 до 1500 °C), следовательно, температура рекристаллизации этих же сталей тоже не должна очень сильно отличаться. Однако, в некоторых сталях, например, инструментальных или специального назначения, применяются высокопрочные и тугоплавкие легирующие элементы, например, вольфрам ($t_{пл}=3422$ °C), молибден ($t_{пл}=2623$ °C), ванадий ($t_{пл}=1910$ °C) и другие, которые могут значительно повысить температуру рекристаллизации. Возможно, легирующие элементы с низкой температурой плавления и в достаточной концентрации могут понизить температуру рекристаллизации. Эти вопросы необходимо исследовать.

Заключение. Приведенные в данной статье аналитические исследования влияния различных стадий процесса рекристаллизации на структуру и механические свойства металлов и сплавов показывают, что только на стадии начальной рекристаллизации полученная мелкозернистая однородная структура и благоприятное сочетание твердости и пластичности могут обеспечить наиболее оптимальные эксплуатационные характеристики изделий и, в первую очередь, — прочность и износостойкость. Поскольку температурный интервал первичной рекристаллизации не очень велик, необходимо путем экспериментальных исследований подобрать такие режимы упрочняющей обработки, которые обеспечили бы температуру изделия в данном интервале, зависящем от материала изделия. В дальнейшем планируется провести исследование по изучению влияния тугоплавких высокопрочных легирующих элементов на температуру первичной рекристаллизации.

Список цитируемых источников

1. Нохрин, А.В. Изучение процессов рекристаллизации при отжиге сильно деформированных мелкозернистых металлов : практикум / А. В. Нохрин и др. — Н. Новгород : Нижегородский госуниверситет, 2016. — 31 с.
2. Горелик, С. С. Рекристаллизация металлов и сплавов / С. С. Горелик, С. В. Добаткин, Л. М. Капуткина. — М. : МИСИС, 2005. — 432 с.
3. Кан, Р. У. Возврат и рекристаллизация. В кн.: Физическое металловедение: в 3 т. / под ред. Р. Кан, П. Хаазена. — М. : Металлургия, 1987. — Т.2. — С. 434—508.
4. Лахтин, Ю. М. Металловедение: Учебник для высших технических учебных заведений / Ю. М. Лахтин, В. П. Леонтьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1990. — 528 с.
5. Рекристаллизация металлических материалов / под ред. Ф. Хеснера. — М. : Металлургия, 1982. — 352 с.
6. Перевезенцев, В. Н. Рекристаллизация металлов и сплавов: учебное пособие / В. Н. Перевезенцев, М. Ю. Щербань. — Н. Новгород : ННГУ, 2000. — 62 с.
7. Алифанов, А. В. Исследование влияния режимов магнито-импульсной обработки на температуру и структурные преобразования в поверхностных слоях образцов из быстрорежущей стали / А. В. Алифанов и др. — Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В. Прикладные науки. — 2021. — № 3. — С. 11—14.
8. Гуляев, А. П. Металловедение / А. П. Гуляев. — М. : Металлургия, 1966. — 480 с.
9. Волков, А. И. Большой химический справочник / А. И. Волков, И. М. Жарский. — М. : Советская школа, 2005. — 608 с.
10. Физические величины. Справочник. / А. П. Бабичев [и др.]; Под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 1232 с.

УДК66.095.25 + 691.175.5/8 + 661.12

Ю. М. Атрощенко, И. В. Шахельдян

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого», Тула, Российская Федерация

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ НЦ «ИННОВАЦИОННЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ И БИОТЕХНОЛОГИИ» — ТУЛЬСКОМУ РЕГИОНУ

Введение. В Тульской области сосредоточен ряд химических производств, таких как НАК «Азот» (Новомосковский), ОАО «Азот» (Щекино), ОАО «Пластик» (Узловая), ФКП «Алексинский химический комбинат» (Алексин), ОАО «Ефремовский завод синтетического каучука» (Ефремов) и др. В статье представлен краткий обзор ряда актуальных для региона научно-технических разработок в области наноматериалов, технологии мономеров, материалов для медицины, поддержанных грантами Правительства Тульской области и выполненных в НЦ «Инновационные химические и биотехнологии» при Тульском государственном педагогическом университете им. Л.Н. Толстого в 2010-2020 гг.

Основная часть. 1. Разработана технология получения полидифениленфталида, из которого удалось получить микроволокнистые фильтрующие материалы (фильтры Петрянова), стойкие к воздействию агрессивных сред (кислоты, щелочи, окислители, органические растворители), высокой температуры (до 400 °С) и ионизирующего излучения. Еще одним, заслуживающим внимание, свойством ПДФ является способность полимера в виде тонких пленок переходить из диэлектрического в высокопроводящее состояние, соизмеримое с электропроводностью металлов ($> 10^5 \text{ } \Omega \cdot \text{cm}^{-1}$). Этот переход индуцируется относительно слабыми внешними физическими воздействиями, например, одноосным механическим давлением, электрическим полем, температурой или бомбардировкой электронным пучком. Указанная особенность ПДФ позволяет использовать его в приборах на основе проводящих полимеров, таких как, сенсорные и электрохимические датчики, полимерные батарейки, электролюминисцентные диоды и органические транзисторы и др. Разработка совместно с сотрудниками НИФХИ им. Л.Я. Карпова (Росатом) и ИНЭОС им. А.Н. Несмеянова РАН.

2. Следующим примером является разработка оригинального метода получения углеродных графеноподобных структур (УГС) разных типов диспергированием (“up-to-bottom”) графита методом, включающим механохимическую обработку графита в мельнице в присутствии щелочного агента. Затем для улучшения характеристик возможно дополнительное ультразвуковое диспергирование в полярном растворителе. Исходное сырье: природный графит или терморасширенный графит (ТРГ). Совместный проект с сотрудниками ООО «Медхимия» (Тула). Углеродные графеноподобные структуры и соединения внедрения (интеркалаты), полученные на его основе могут найти коммерческое применение в промышленности, например, для наполнения ПКМ для придания им высоких эксплуатационных характеристик (электропроводности, термостойкости и повышения модуля упругости), а также для изготовления плоских электродов для литиевых батарей и топливных элементов.

3. Разработка контролируемых методов направленного синтеза наночастиц металлов с заданными свойствами с помощью экстрактов растений, биотестирование и последующий синтез новых малотоксичных препаратов широкого спектра биологического действия, которые можно использовать в качестве эффективных биоцидов (фунгицидов и антибактериальных средств) и регуляторов роста растений [1].

4. Созданы научно-технические основы эффективных процессов получения мономеров ароматической природы (асимметричных диангидридов 2,3,3',4'-дифенилтетракарбоновой кислоты и 2,2',3,3'-дифенилоксидте-