

УДК 544.344.01

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Гаврилова В.Е., студентка 5 курса инженерного факультета,  
Гаврилова А.Е., студентка 2 курса колледжа  
агротехнологий и бизнеса  
Научный руководитель – Карпенко М.А., кандидат  
технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

**Ключевые слова:** *Нанокристаллические материалы, свойства, поликристаллы, конструкционные материалы.*

*В статье рассматриваются механические свойства нанокристаллических материалов, их особенности и зависимость показателей друг от друга.*

За счет применения наноматериалов в техническом сервисе транспортных средств можно значительно увеличить ресурс работы машины (до 1,5...4 раз), при этом уменьшить выбросы загрязняющих веществ и эксплуатационные затраты, не исключая и уменьшения расхода топлива.

Одним из наиболее практически значимого направления в исследованиях является изучение и разработка нанокристаллических материалов, это однофазные или многофазные поликристаллы, имеющие размер зерна около 10 нм, до 50 % объема которых может приходиться на межзеренные или межфазные границы. Таким материалам присуща высокая диффузионная подвижность атомов [1, 2].

Отличительной особенностью нанокристаллических материалов является препятствие любым структурным сдвигам, сюда же относят отсутствие мартенситных превращений, в объеме зерна. За счет большой площади границ раздела удельная теплоемкость таких образцов намного выше чем у обычных кристаллических материалов, так же наблюдается и отличие объёмных физических свойств нанокристаллических материалов.

В ходе изучения таких материалов была замечена зависимость коэффициента объемного термического расширения  $B$  от размера зерна  $D$  (1).

$$B \approx D^{-1} \quad (1)$$

Этот эффект обусловлен как зависимостью теплоемкости от размера зерна, так и изменением фононного спектра. Что свидетельствует об их термической нестабильности, которая обусловлена неравновесностью границ зерен.

Теплопроводность материалов складывается из электронной и решеточной составляющих. Для металлоподобных объектов первая составляющая является преобладающей, а для полупроводников и диэлектриков перенос теплоты за счет фононов представляет основную часть. Поэтому уменьшение размера зерна  $D$  от 100 до 10 нм снижает теплопроводность материала в 2...2,5 раза за счет рассеяния электронов на межзеренных границах [3, 4].

Механические свойства нанокристаллических материалов неперенно зависят от размера наноструктурных элементов. Границы, в таких материалах, являются основным источником их упрочнения. У однофазных нанокристаллических материалов наблюдается высокая прочность, но низкая пластичность, однако у некоторых многофазных сплавов (например, Al-Mn-Ln, Al-Cr-Ce-Co) можно увидеть сочетание высокой прочности и хорошей пластичности.

Микротвёрдость металлических нанокристаллических материалов в 3...5 раз выше, чем твердость крупнозернистых аналогов, а для неметаллических материалов - в 2...3 раза, независимо от методов их получения [5, 6]. Исследования механических свойств нанокристаллических материалов показали, что соотношение Холла-Петча для микро-

твёрдости  $H_V$  (2) и предела текучести  $y_V$  (3) имеет вид:

$$H_V = H_{V_0} + k_H D^{-1/2} \quad (2)$$

$$y_y = y_0 + kD^{-1/2} \quad (3)$$

где  $H_{V_0}$ ,  $k_H$ ,  $y_0$ ,  $k$  - параметры материала.

Предел текучести и напряжение разрушения для большинства нанокристаллических материалов близки, поэтому часто при растяжении растрескивание начинается практически сразу при достижении условия пластичности, при этом прочность нанокристаллических металлических материалов значительно выше прочности аналогов. Это наблюдается

как для чистых металлов, так и для сталей. Однако некоторые нанокристаллические материалы, например, нанокристаллическая медь, полученная гальваническим путем, выдерживают значительные пластические деформации при растяжении (удлинение достигает 30 %).

Износостойкость нанокристаллических металлических материалов примерно в 10...50 раз выше износостойкости крупнозернистых сплавов. Так, при уменьшении размера зерна в никеле от 10 мкм до 10 нм скорость износа уменьшается от 1330 до 7,9 мкм.

Получение нанокристаллических состояний в конструкционных материалах открывает уникальные возможности для реализации нового уровня механических свойств: высокая прочность при оптимальном уровне пластичности, твердость, износостойкость [7, 8].

*Библиографический список:*

1. Карпенко, М. А. Оптимизация качества обкатки отремонтированных двигателей на основе присадок / М. А. Карпенко, В. В. Варнаков // *Материалы XXXVI Научно-технической конференции молодых ученых и студентов инженерного факультета.* – Пенза : ПГСХА, 2001. – С.33-35.
2. Теоретическое обоснование влияния геометрических параметров цилиндрико-конического гидроциклона на степень очистки отработанных смазочных масел от нерастворимых примесей / А. Н. Зазуля, А. А. Глушенко, Д. Е. Молочников, М. А. Карпенко, Г. В. Карпенко // *Научно-производственный периодический журнал Наука в центральной России.* - 2019. - № 2 (38). – С. 116-123.
3. Яковлев, С. А. Исследование износостойкости поверхностей стальных деталей после нанесения антифрикционных материалов с последующей электромеханической обработкой / С. А. Яковлев, М. А. Карпенко // *Инновационные технологии в аграрном образовании, науке и АПК России : материалы Всероссийской научно-производственной конференции.* – Ульяновск, 2003. – С. 188-190.
4. Карпенко, М. А. Теоретические предпосылки и обоснование присадок для ускоренной приработки деталей двигателей после ремонта / М. А. Карпенко // *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы VI Международной научно-практической конференции.* – Ульяновск : УГСХА, 2015. - С. 168-170.
5. Карпенко, М. А. Принцип действия и результаты исследования прирабочной присадки ВАРКС для ускоренной обкатки карбюраторных двигателей / М. А. Карпенко, В. В. Варнаков // *Вестник УГСХА.* - 2004. - № 11. – С. 88-90.
6. Карпенко, М. А. К вопросу качества технического сервиса сельскохозяй-

ственной техники в АПК / М. А. Карпенко, Г. В. Карпенко // Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения : материалы Национальной научно-практической конференции. - Ульяновск : ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019. – Т. 2. - С. 35-38.

7. Карпенко, М. А. Определение качества холодной обкатки по изменению потерь мощности на трение / М. А. Карпенко, А. А. Глущенко, Г. В. Карпенко // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2019. - № 2 (46). – С. 14-18.
8. Карпенко, М. А. Повышение технико-экономических показателей двигателей при проведении обкатки после ремонта / М. А. Карпенко, Г. В. Карпенко, В. А. Голубев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. - 2017. - № 4 (40). – С. 184-188.

## **MECHANICAL PROPERTY NANOCRYSTALLINE MATERIAL**

***Gavrilova V.E., Gavrilova A.E.***

**Key words:** *nanocrystalline materials, properties, polycrystals, structural materials.*

*The article discusses the mechanical properties of nanocrystalline materials, their features and the dependence of indicators on each other.*