

СЕКЦИЯ 3. «ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»

ПИК ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ МЕДИ

В.В. Дешевых.

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета, www.volpi.ru

В последние годы повышенный интерес со стороны исследователей вызывают процессы, происходящие на наноуровне. В связи с этим большим вниманием ученых пользуются и наноструктурные материалы. Одной из главных причин такого положения вещей является то факт, что подобные материалы обладают целым рядом специфических свойств, большинство из которых объясняются малыми размерами их зерен. К таким свойствам относится более высокая, по сравнению с материалами с классическим размером зерна, твердость, сверхпластичность и многие другие. При этом одним из наиболее информативных методов экспериментального исследования материала является измерение внутреннего трения.

В процессе исследования наноструктурной меди со средним размером зерна порядка 100-200 нм, полученной методом равноканального углового прессования, была проведена серия экспериментов по измерению низкочастотного внутреннего трения и микротвердости образцов. В первом случае измерения проводились на обратном крутильном маятнике в диапазоне температур от 25⁰С до 375⁰С. Для определения микротвердости использовался твердомер ПМТ-3М оснащенный индентором Кнупа с ромбическим основанием.

Проведение экспериментов на обратном крутильном маятнике выявило пик внутреннего трения, максимум которого пришёлся на диапазон температур от 300⁰С до 375⁰С. Однако повторное проведение замеров, проведенное на том же образце, но с понижением температуры, данного повышения уже не выявили.

Как известно, наноструктурные материалы обладают целым рядом особенностей строения, поведение которых непосредственно связано с температурным режимом окружающей среды. Так, при повышении температуры образца наноматериала ожидается, что в нем будут протекать процессы залечивания пор; переход неравновесных границ зерен (которых в таких материалах значительно больше, чем в классических) в равновесное состояние; релаксационные процессы, сопровождающиеся ростом зерна.

Именно последний процесс представляется наиболее вероятным объяснением полученной в экспериментах картины внутреннего трения. Таким образом, можно сделать вывод, что при нагревании образца до температуры максимума в образце начался процесс рекристаллизации, который привел к укрупнению зерен. Изменение структуры образца хорошо объясняет также и резкий спад кривой ВТ после прохождения максимума, и невоспроизводимость результатов при проведении обратных замеров.

Экспериментальные данные микротвердости образца также хорошо согласуются с теорией рекристаллизации меди. Согласно им конечная твердость образца, подвергнутого испытаниям на крутильном маятнике существенно понизилась, по сравнению с результатами замеров, произведенными на образце до начала эксперимента в установке ВТ.

Таким образом, процесс рекристаллизации наноструктурной меди не только имеет место в интервале температур 300-375⁰С, но и носит определяющий характер для последующего его поведения и свойств.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ НА ТЕЛЕ ВРАЩЕНИЯ ПРИ ПАДЕНИИ УДАРНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ВОЛНЫ ЭВП В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КАМЕРЕ

С.О. Zubovich, A.L. Surkaev

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета, www.volpi.ru

Высоковольтный электрический разряд широко применяется в технологии промышленного производства. Передача возмущения к технологическому объекту осуществляется посредством некоторой конденсированной среды, чаще всего воды. Электрогидравлический способ преобразования энергии применяется в листовой штамповке, очистке отливок, прессовании порошков, интенсификации процессов прокатки, кристаллизации слитков и т.д. Рассматриваемая в статье задача связана с осесимметричным деформированием цилиндрической круглой заготовки электрическим взрывом фольги в конденсированной среде.

Цель работы – экспериментальное исследование дифракционных эффектов, возникающих в цилиндрической взрывной камере на расположенном соосно с ней теле вращения, при помощи плоской ударной волны.

Схема экспериментальной установки и система координат представлены на рис.1. Начало цилиндрической системы координат помещено в центре фольги.

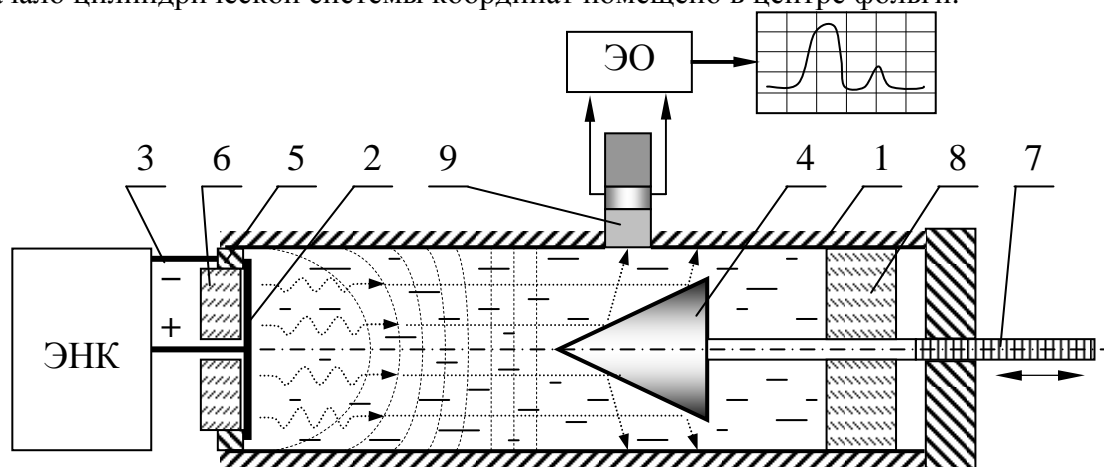


Рис.1. Схема экспериментальной установки: 1 – цилиндрическая взрывная камера; 2 – кольцевая алюминиевая фольга ($\delta = 10^{-4} \text{ м}$; $r = 10^{-2} \text{ м}$); 3 – электроды; 4 – конус с углом при вершине α ; 5 – проводящее кольцо; 6 – диэлектрический цилиндр; 7 – опора конуса с резьбой с шагом 0,5 мм; 8 – резиновая пробка; 9 – волновой пьезокерамический преобразователь [3]; ЭНК – энергетический накопитель конденсаторного типа; ЭО – электронный осциллограф.

В результате проведенного эксперимента получены осциллограммы силы тока в фольге (рис.2, кривая 1) и давления, регистрируемого пьезопреобразователем. Определено характерное давление в камере $P \sim 10^7 \text{ Па}$.

АМОΡФНЫЕ СВЕРХМЯГКИЕ ФЕРРОМАГНЕТИКИ

А.В. Давыдов

Филиал национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Волжском,
www.volpi.ru, dav_san777@mail.ru

Развивающаяся в настоящее время электроэнергетика использует устройства, преобразующие энергию, такие как, например, трансформаторы. Это, в свою очередь, вызывает исследовательский интерес по изучению магнитных свойств материалов магнитопровода, что способствует возможности снижения потерь на перемагничивание.

Исследование аморфных ферромагнетиков является важнейшим фактором в области современного трансформаторостроения, активные части которого характеризуются меньшими потерями холостого хода, точностью, надёжностью и долговечностью. Уменьшение массы трансформаторов за счёт рационализации использования современных материалов и снижение потерь холостого хода трансформатора в период эксплуатации – это один из важнейших путей оснащения высококачественной техникой всех отраслей производства продукции трансформаторостроительного производства.

В современной силовой электроэнергетике и электронике используются как стандартные преобразовательные трансформаторы, так и высокочастотные преобразовательные трансформаторы, для которых аморфные ферромагнетики позволяют получать и обрабатывать сверхвысокочастотных сигналов и уменьшения удельных размеров.

В последнее время открылась перспектива практического применения аморфных ферромагнетиков, что стимулировало развитие технологии таких материалов и их изучение. Существует несколько методов получения аморфных магнетиков, но все они имеют одну общую черту: аморфное состояние достигается при температурах ниже температуры кристаллизации. Наиболее распространённым методом является быстрое охлаждение, на примере магнитомягкого сплава на основе железа Fe–Si–Nb–B–Cu (файнмет), получаемого в виде лент путем закалки расплава на поверхности вращающегося медного барабана, который в результате приобретает превосходные магнитомягкие свойства (проницаемость $\mu \approx 105$, коэрцитивная сила $H_c = 1$ А/м и намагниченность насыщения $M_s = 1.24$ Т) после нанокристаллизующего отжига при температурах 510–570 °С. [3.]

Атомную структуру аморфного магнетика можно представить как случайную плотную упаковку жестких сфер. Упаковка случайная, так как корреляция между сферами на расстоянии более пяти их диаметров мала, но плотная, так как промежутки между сферами (пустоты) меньше размеров сфер. Пустоты, заняты атомами меньшего размера, так называемыми аморфизаторами, или стеклообразующими элементами (В, Р, С, Si, Ge и др.), присутствие которых существенно повышает температуру кристаллизации. [2.]

Ценными свойствами АМС являются высокие твёрдость, износостойкость, коррозионная стойкость. Последнее качество позволяет использовать АМС в магнитных фильтрах для очистки сточных вод, охлаждающей воды ядерных реакторов, а также для флотационной очистки. Прочность и гибкость аморфных нитей даёт возможность изготавливать из них гибкую оплётку для эффективного магнитного экранирования кабелей и проводов. Сочетание высокой магнитной проницаемости, твёрдости и износостойкости обеспечивает АМС преимущества перед другими материалами при изготовлении материалов магнитных головок видео- и звукозаписи.

Магнитомягкие аморфные сплавы следует рассматривать не только как заменители лучших кристаллических ферромагнетиков, но и как материалы для нового поколения различных приборов и устройств, создание которых требует принципиально нового сочетания свойств. [1.]

Литература:

1. В.С.Сорокин. Материалы и элементы электронной техники. В 2 т. Т. 2. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники: учебник для студ. Высш. Учеб. Заведений / В.С.Сорокин, Б.Л.Антипов, Н.П.Лазарева.- М.: Издательский центр «Академия», 2006.- 384 с.
2. Боков В.А. Физика магнетиков: Учеб. Пособие для вузов / ФТИ им. А.Ф.Иоффе РАН.- СПб.: Невский Диалект; БХВ- Петербург, 2002. – 272 с.
3. Н.В. Ершов, В.А. Лукшина, В.И. Федоров, Н.В. Дмитриева, Ю.П. Черненко, А.П. Потапов. Влияние термомагнитной и термомеханической обработки на магнитные свойства и структуру магнитомягкого нанокристаллического сплава Fe₈₁Si₆Nb₃V₉Cu₁. // Физика твердого тела, 2013, том 55. С. 460-470.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА ОТРЕЗКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ НЕСООСНОМ РАСПОЛОЖЕНИИ ОТРЕЗНОГО КРУГА И ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ДЕТАЛИ

С.Г.Антипина.

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградского государственного технического университета, www.volpi.ru

Рассмотрим процесс отрезки цилиндрической поверхности радиуса r , отрезным кругом радиуса R . Пусть обрабатываемая заготовка смещена относительно линии подачи круга на величину $0 \leq \varepsilon \leq R-r$, что обеспечивает уменьшение вибрации детали.

Зададим систему координат XYZ так, чтобы плоскость XOY совпадала с плоскостью стола, на котором расположена обрабатываемая деталь, а ось OZ проходила через центр отрезного круга, т.е. совпадала с линией подачи круга.

Примем момент касания отрезного круга и обрабатываемого цилиндра за начало процесса резания. Расстояние между центром отрезного круга и проекцией центра обрабатываемой детали на ось OZ в момент касания равно:

$h_0 = OO_2 = \sqrt{O_1O_2^2 - OO_1^2} = \sqrt{(R+r)^2 - \varepsilon^2}$. В процессе резания это расстояние уменьшается со скоростью v подачи отрезного круга, т.е. в любой момент времени t расстояние $h = OO_2 = h_0 - vt$.

В принятой системе координат наружная поверхность абразивного инструмента в плоскости YOZ задана уравнением $y^2 + (z - r - h)^2 = R^2 \Rightarrow z = r + h \pm \sqrt{R^2 - y^2}$, а проекция поверхности заготовки: $(y - \varepsilon)^2 + (z - r)^2 = r^2 \Rightarrow z = r \pm \sqrt{r^2 - (y - \varepsilon)^2}$.

Обозначим A_1, A_2 — точки пересечения окружностей детали и отрезного круга.

В связи с положением точек A_1, A_2 можно выделить три этапа отрезки.

На первом этапе точки A_1 и A_2 лежат выше точек C_1, C_2 (рисунок 1). При этом наработка будет определяться площадью фигуры, образованной пересечением отрезного круга и обрабатываемой детали. Вычисляя площадь данной области через определенный интеграл, получим:

$$S_{центр} = 0,5(r^2 \arcsin \frac{y - \varepsilon}{r} + R^2 \arcsin \frac{y}{R} - 2hy + (y - \varepsilon)\sqrt{r^2 - (y - \varepsilon)^2} + y\sqrt{R^2 - y^2}) \Big|_{A_1(y)}^{A_2(y)}$$

(1)

где $A_1(y), A_2(y)$ – проекции точек A_1 и A_2 на ось OY :

$$A_1(y) = 0,5 \left(\varepsilon(R^2 + h^2 + \varepsilon^2 - r^2) - h\sqrt{4R^2r^2 - (h^2 + \varepsilon^2 - R^2 - r^2)^2} \right) / (h^2 + \varepsilon^2),$$

$$A_2(y) = 0,5 \left(\varepsilon(R^2 + h^2 + \varepsilon^2 - r^2) + h\sqrt{4R^2r^2 - (h^2 + \varepsilon^2 - R^2 - r^2)^2} \right) / (h^2 + \varepsilon^2)$$

Продолжительность первого этапа определяется временем резания

$$0 \leq \tau \leq \left(\sqrt{R^2 - (r - \varepsilon)^2} - h_0 \right) / v,$$

На втором этапе точка A_1 лежит ниже точки C_1 , а точка A_2 – выше точки C_2 (рисунок 2). На данном этапе наработка представляет собой сумму площадей фигур $A_1A_2A_3$, вычисляемую по формуле (1) и $A_1C_1A_3$. Площадь области $A_1C_1A_3$ равна:

$$(2) \quad S_{лев} = \left(r^2 \arcsin \frac{y - \varepsilon}{r} + (y - \varepsilon) \sqrt{r^2 - (y - \varepsilon)^2} \right) \Big|_{\varepsilon - r}^{A_1(y)}$$

Продолжительность второго этапа определяется временем резания

$$\left(\sqrt{R^2 - (r - \varepsilon)^2} - h_0 \right) / v \leq \tau \leq \left(\sqrt{R^2 - (r + \varepsilon)^2} - h_0 \right) / v.$$

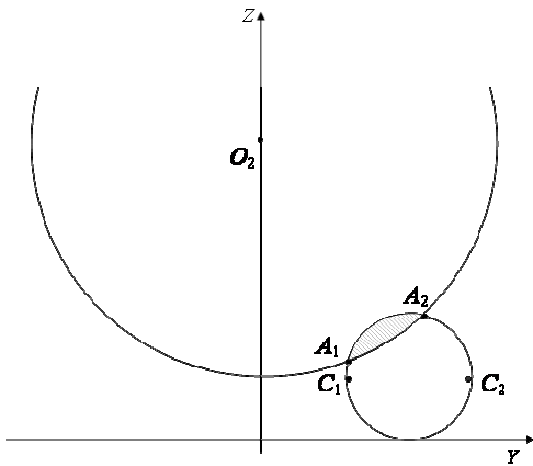


Рисунок 1

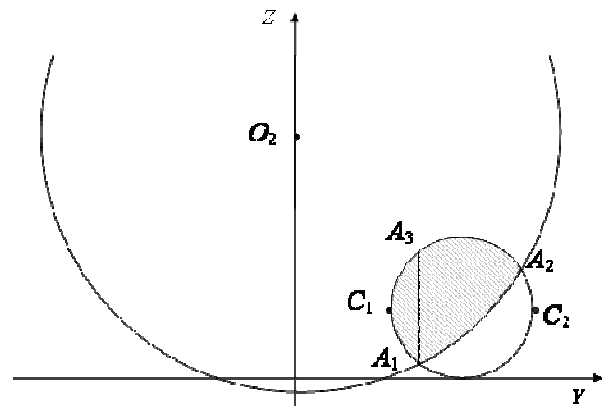


Рисунок 2

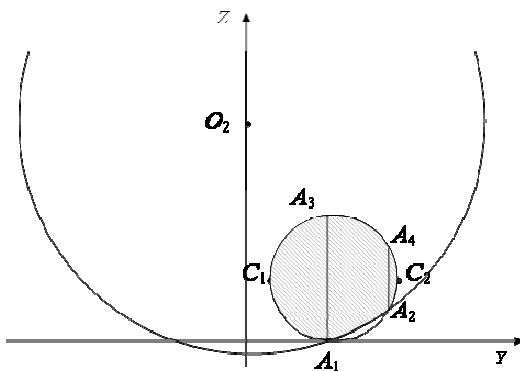


Рисунок 3

На третьем этапе точки A_1 и A_2 лежат ниже точек C_1 , C_2 (рисунок 3). На этом этапе наработка представляет собой сумму площадей трех областей: $A_1A_3A_4A_2$ (вычисляется по формуле (1)), $A_1C_1A_3$ (вычисляется по формуле (2)) и $A_2C_2A_4$.

Площадь области $A_2C_2A_4$ равна:

$$S_{прав} = \left(r^2 \arcsin \frac{y - \varepsilon}{r} + (y - \varepsilon) \sqrt{r^2 - (y - \varepsilon)^2} \right) \Big|_{A_2(y)}^{\varepsilon + r}$$

Продолжительность третьего этапа:

$$\left(\sqrt{R^2 - (r + \varepsilon)^2} - h_0 \right) / v \leq \tau \leq \left(\sqrt{(R - r)^2 - \varepsilon^2} - h_0 \right) / v$$

Режущая способность отрезного круга на любом этапе может быть вычислена, как отношение наработки к времени резания: $Q = S/\tau$

Вычислим мгновенную режущую способность q как производную от наработки по переменной τ . Для всех этапов резания мгновенная режущая способность определяется формулой:

$$q = dS/d\tau = v_s y \Big|_{A_1(y)}^{A_2(y)} = v_s h \sqrt{4R^2 r^2 - (h^2 + \varepsilon^2 - r^2 - R^2)^2} / (h^2 + \varepsilon^2) \quad (3)$$

Полученная математическая модель позволяет проследить влияние изменения различных параметров объектов процесса шлифования, таких как радиус заготовки, радиус шлифовального круга, скорость подачи круга, величина смещения детали относительно линии подачи круга и т.д. на основные характеристики данного процесса.