

эВ. Взаимодействие молекул $C_2 - C_2$ в слое и между слоями определяется ковалентной связью и диполь-дипольным взаимодействием, но между слоями возникает неустойчивое равновесие, что и определяет структуру графита. Уголь представляет собой нитевидную структуру, которая определяется взаимодействием $C_2 - C_2$, сдвинутых относительно друг друга на величину атома углерода. Взаимодействие $C_3 - C$ определяет структуру фуллеренов, взаимодействие $C_3 - C_2$ – структуру нанотрубок и, наконец, взаимодействие $C_3 - C_3$ – структуру алмаза.

Список литературы: 1. Витязь П.А. Наноструктурные материалы и перспективы их применения //III международный научный семинар «Наноструктурные материалы – 2004 Беларусь-Россия». – Мн.: ИТМО НАН Беларуси, 2004. С. 7-9. 2. Huber P.V., Evans J.S., Schexnayder Jr. C.J. Comparison of Theoretical and Flight-Measured Ionization in a Blunt Body Re-Entry Flowfield //AIAA Journal, 1971, V. 9, №6. P. 1154-1182. 3. Шпилевский Э.М. Металл-фуллереновые материалы и структуры //XI Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России» 8-10 сентября 2005 г. Москва. – М.: ОАО «Техномаш», 2005. С. 122-130. 4. Дворкин В.В., Дзбановский Н.Н., Кривченко В.А. и др. Исследование углеродных нанотрубок, полученных методом гидролиза //XI Международная научно-техническая конференция «Высокие технологии в промышленности России» 8-10 сентября 2005 г. Москва. – М.: ОАО «Техномаш», 2005. С. 144-148. 5. Гречихин Л.И. Физика наночастиц и нанотехнологий. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 399 с. 6. Гречихин Л.И. Энергия связи и фазовые переходы в металлах //Сб. трудов IX Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века» 9-15 сентября 2002 г. Севастополь-Донецк. – Донецк: ДонНТУ, 2002, Т. 1. С. 138-146. 7. Slater J.C. Wave Functions in a Periodic Potential // Phys. Rev. 1937, V. 51, №10. P. 846-851. 8. Глинка Н.Л. Общая химия: Учебное пособие для вузов /Под ред. В.А. Рабиновича. – Л.: Химия, 1983. – 704 с. 9. Коулсон Ч. Валентность. – М.: Мир, 1965. – 426 с. 10. Гомбаш П. Проблема многих частиц в квантовой механике. –М.: Изд.-во Иностранной литературы, 1952. – 279 с. 11. Радциг Ф.Ф., Смирнов Б.М. Справочник по атомной и молекулярной физике. – М.: Атомиздат, 1980. – 240 с. 12. Братцев В.Ф. Таблицы атомных волновых функций – М.-Л.: Наука, 1966. – 192 с.

Сдано в редакцию 5.05.06
Рекомендовано д.т.н., проф. Бухач А.

НЕПРЕРЫВНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ОТДЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СЛОЖНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Гречихин Л. И., Шумский И. П. (МГВАК, ООО «Регула», г. Минск, Беларусь)

Dynamic of behavior of separate grains in polycrystalline structural material under mechanical and heat loading is a matter of the article. The general algorithm of correct decision making about the outage beginning for each component under control is analyzed. The description of automatic system for the reliability and durability control of the constructions in the complicated mechanical system using the artificial neuronal net is given.

В настоящее время в машиностроении возникла острая необходимость в непрерывном контроле надежности и возможной дальнейшей эксплуатации, как отдельных эле-

ментов, так и сложной механической системы в целом. Решение принимается по факту отклонения от порогового значения той или иной измеряемой величины. Если сложная механическая система эксплуатируется в экстремальных условиях изменения температурных и механических воздействий, то возникает неопределенная ситуация, когда принять правильное решение не представляется возможным. Так в процессе измерения величины удлинения отдельных конструкций в зависимости от приложенного напряжения в области пластической деформации, как это предложено в работах [1,2], вследствие упрочнения приповерхностных слоев могут быть допущены грубые ошибки.

Аналогичная ситуация возникает, когда анализируется величина твердости [3, 4]. Для принятия правильного решения по твердости возникает необходимость проводить измерения в разных точках поверхности конструкционной детали, где твердость будет разной. В таких условиях неизбежно будут возникать ошибки. В работе [5] предложено принимать решение по величине интенсивности звуковой эмиссии и коэффициенту фрактальности зависимости «деформация-напряжение». Если это отдельная деталь, то для нее принимается безошибочное решение, а если эта деталь находится в сложной конструкции, то неизбежны ошибки в принятии правильного решения. В работе [6] рассмотрено применение корреляционного анализа. В этом случае принимается решение по изменению спектра амплитудных модуляций. Если в сложной системе каждая из деталей обладает своей резонансной частотой, отличной от других, то тогда возможно принять правильное решение. В противном случае также могут возникать ошибочные решения.

В работах [6-8] предложено использовать электромагнитную эмиссию для анализа работы сложной механической системы. Здесь ситуация несколько лучшая, но перепутывание не исключено, особенно когда возникает деформационное старение [9] и каждая деталь выходит на свой стационарный режим работы.

Целью работы является создания автоматической системы контроля ресурса работы сложной технической системы по изменению структуры отдельного зерна в особо опасных конструкционных деталях. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи: разработать алгоритм принятия решения о возможном выходе из строя контролируемой детали сложной технической системы; разработать соответствующий датчик, позволяющий принимать правильные решения.

В настоящей работе рассмотрим еще одну возможность принятия правильного решения о возможном выходе из строя той или иной детали в сложной механической системе по характеру изменения геометрического размера отдельного зерна в поликристаллической структуре.

Отклик геометрического рисунка отдельного зерна на внешнее воздействие. Внешнее воздействие следует рассматривать как температурное, так и механическое. Такие воздействия существенным образом оказывают влияние, прежде всего, на энергию связи межзеренную, внутривзеренную, межкластерную и межатомную внутри кластера. При общем одинаковом подходе [10] имеется и своя специфика при температурном и механическом воздействиях.

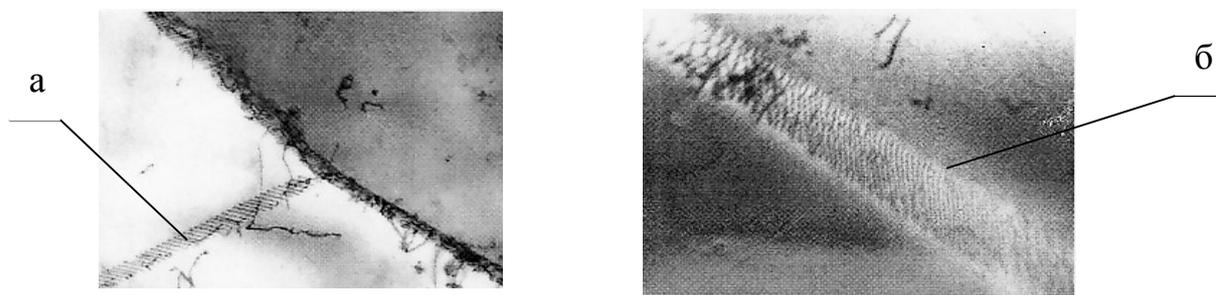


Рис. 1. Дислокационная сетка для никеля (а) и для меди (б)

При механическом воздействии в межзеренном взаимодействии, т.е. в местах спайности ковалентной и долей ионной связями можно пренебречь и рассматривать только обменное взаимодействие в системе кластер-зерно. В области границы спайности кластеры вследствие их малой концентрации не создают кристаллического монолита, а происходит их адгезия на кристаллическом зерне только в отдельных местах. Такая адгезия приводит к росту кристаллического зерна столбообразно в виде пирамидальной структуры со всех зерен, формирующих данную границу. Такие пирамиды замыкаются в центре границы спайности, образуя сетчатую структуру, которая экспериментально обнаружена и описана в работе [11]. Полученные экспериментальные данные приведены на рис. 1а для никеля и на рис. 1б для меди.

Внутри кристалла кластеры ГЦК структуры создают щелевидные пустоты-дислокации $4,05 R_0$, $3 R_0$ и $0,31 R_0$, а кластеры ОЦК структуры – $3,63 R_0$ и $0,414 R_0$ (R_0 – межатомное расстояние внутри кластера) [12]. В щелевидных пустотах чистых материалов могут находиться только отдельные атомы, обменное взаимодействие которых определяет связь между кластерами. Под воздействием внешних нагрузок крупное зерно начинает распадаться на более мелкие зерна по щелевидным пустотам. Вначале распад происходит по щелевидным пустотам большого размера, а затем – по щелевидным пустотам меньшего размера. В работе [11] этот процесс детально исследован и в качестве примера на рис. 2 приведены результаты распада крупных зерен на более мелкие для никеля и меди. Очевидно, что образование мелкозернистой структуры приводит к возрастанию энергии связи

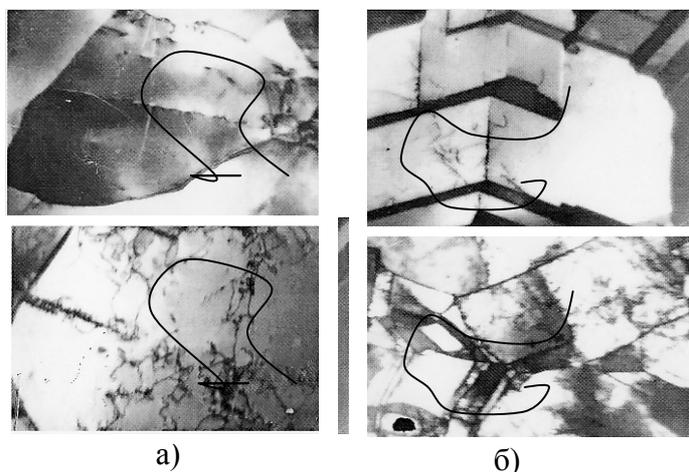


Рис. 2. Распад кристаллического зерна под влиянием внешних нагрузок в процессе перехода в режим пластической деформации: а) для никеля и б) для меди [11]

на единицу массы зерна, что приводит к возрастанию, как модуля Юнга, так и твердости такого материала, но это уже пластическая деформация. Такая деталь подлежит немедленной замене.

При высоких температурах разогрева энергия связи резко ослабляется, и конструкционный материал при меньших нагрузках будет переходить в режим пластической деформации. Характер изменения структуры поликристаллического материала с ростом температуры приведен на рис. 3, заимствованный из работы [11].

Следовательно, изменение геометрического рисунка отдельного зерна при механическом

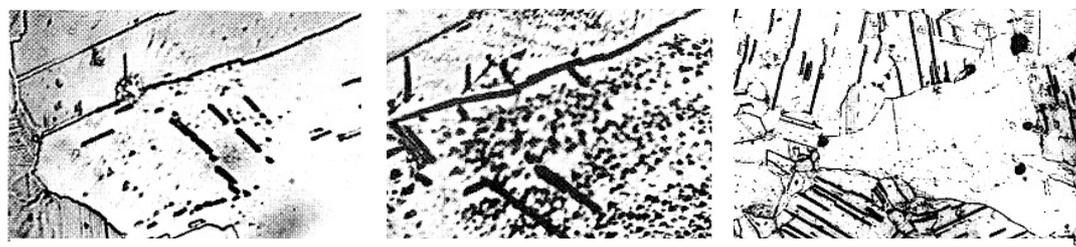


Рис. 3. Распад и возникновение новых межзеренных границ в поликристаллическом никеле при температурах отжига соответственно слева на право 300 , 500 и 600° С.

и тепловом воздействиях является достаточно информативным признаком для принятия правильного решения о замене той или иной детали в сложной механической системе. В этой связи была разработана специальная аппаратура для цифровой обработки рисунка зерна в автоматическом режиме.

Описание аппаратуры принятия правильного решения о надежности и долговечности отдельных деталей сложной механической системы. После выбора отдельного зерна в поликристаллическом материале на его изображение наносится искусственная нейросеть, как это показано на рис. 2. Траектория программируется и по ней производятся измерения контраста в отраженном или проходящем свете. Каждая граница спайности дает свой отпечаток на исследуемой траектории. Количество таких отпечатков определяется при ненагруженном образце и заносится в долговременную память в качестве эталона.

Под действием внешних нагрузок происходит распад крупного зерна на более мелкие, что приводит к увеличению границ спайностей на заданной нейронной сети. Распад крупных зерен на более мелкие вследствие старения или действия внешних нагрузок приводит к упрочнению конструкционного материала и это положительный фактор. Однако такой процесс может быть принят автоматической системой как признак начала разрушения материала. Чтобы избежать принятия неправильного решения, необходимо для каждого материала, из которого изготовлена деталь в сложной системе, провести предварительные испытания, и установить какое количество мелких зерен на единицу поверхности определяет начало разрушения, а не упрочнения того или иного конструкционного материала. В данной конкретной ситуации критерием принятия правильного решения может служить количество возникающих новых границ спайностей за единицу времени при воздействии механических и тепловых нагрузок. Эти данные составляют основу алгоритма принятия правильного решения автоматической системой.



Рис.4. Микроскоп с монитором, на котором показано исследуемое изображение

Эти данные составляют основу алгоритма принятия правильного решения автоматической системой.

Датчик, который следит за поведением межзеренных границ в процессе эксплуатации сложной механической системы, представляет собой микроскоп, оснащенный специальным процессором. Для визуализации технического состояния каждой детали предусмотрена связь с ЭВМ, которая позволяет одновременно демонстрировать изображения всех контролируемых деталей сложной механической системы. Конкретная изготовленная техника для этих целей показана на рис. 4.

Список литературы: 1. Уткин В. С., Кошелева Ж. В. Определение остаточной надежности и остаточного ресурса конструкций по ограниченной информации. // XV Петербургские чтения по проблемам прочности. СПб, 12-14 апреля 2005: Сб. тезисов. СПб., 2005. С. 95 2. Барон А. А., Бахрачева Ю. С. О возможности прогнозирования кинетической диаграммы усталостного разрушения по результатам испытаний на растяжение. //Современные проблемы прочности: Научные труды VI Международного симпозиума им. В. А. Лихачева, г. Старая Русса, 20-24 октября 2003. Новгород: Изд.-во НГУ им. Я. Мудрого, 2003. – Т. 2. – С. 183-187. 3. Baron A., Bakhracheva J. The Method for Lifetime Estimation through the Mechanical Properties in Tension. //Mechanika (Kaunas). – 2004. - № 3. – P. 29-32. 4. Шумский И. П. Принятие решений в автоматическом режиме при оптимальном управлении сложной механической системой по универсальному множеству. // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. Международный сб. научных трудов. – До-

нецк, ДонНТУ, 2005. **5.** Башков О. В., Семашко Н. А. Акустическая эмиссия при смене механизмов деформации пластичных конструкционных материалов. //Физическая мезомеханика. – 2004. Т. 7. № 6. С. 59-62. **6.** Гречихин Л. И. Безразборная техническая диагностика сложных конструкций и возможности прогнозирования ресурса работы. // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решений. /Труды V Международной конференции – СПб.: Изд.-во СПбГПУ, 2003. – С. 152-173. **7.** Шибков А. А., Шуклимов А. В., Кольцов Р. Ю. и др. Идентификация процессов структурной релаксации во льде по сигналам электромагнитной эмиссии. //XV Петербургские чтения по проблемам прочности. СПб, 12-14 апреля 2005: Сб. тезисов. СПб., 2005. С. 95. **8.** Шибков А.А., Желтов М. А., Шуклимов А. В. и др. Исследования неустойчивой пластической деформации металлов методом электромагнитной эмиссии. // XV Петербургские чтения по проблемам прочности. СПб, 12-14 апреля 2005: Сб. тезисов. СПб., 2005. С. 96. **9.** Аругюнян Р. А. Проблема деформационного старения и длительного разрушения в механике материалов. СПб.: Изд.-во СПбГУ, 2004. – 252 с. **10.** Гречихин Л. И. Об аналогии структурных температурных изменений и пластической деформации в металлах. // Научно-технические проблемы прогнозирования надежности и долговечности конструкций и методы их решений. /Труды IV Международной конференции – СПб.: «Нестор», 2001. – С. 93-94. **11.** Викарчук А. А., Воленко А. П., Довженко О. А. и др. Доклад «Физические основы создания наноматериалов из пентагональных частиц и нанотрубок. // XV Петербургские чтения по проблемам прочности. СПб, 12-14 апреля 2005: Сб. тезисов. СПб., 2005. **12.** Гречихин Л. И. Физика наночастиц и нанотехнологий. Общие основы, механические, тепловые и эмиссионные свойства. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 399 с.

Сдано в редакцию 5.05.06

Рекомендовано д.т.н., проф. Бухач А.

ВПЛИВ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ПРИ ФРИКЦІЙНОМУ ЗМІЦНЕННІ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Гурей І.В., Гжесік В. (ТДТУ ім. Івана Пулюя, ПО, м. Тернопіль, м. Ополе, Україна, Польща)

The metastable structures (write layer) in a surface layer of metal are created by means of processing methods using the high concentrated sources of power, as well as by means of friction hardening. The friction hardening essentially increases durability of grey cast iron SCh 20 under the friction with boundary lubrication. Thus, under friction with boundary lubrication of grey cast iron and grey cast iron SCh 20 couple the rings wear decrease in 8.0 times and the shells in 6.4 times after friction hardening under МНО-64a technological medium in comparison with non-hardening one. Only one part of the couple was hardened. Non-hardening couple of friction is workable for unit load 2 МПа, hardening couple work normally for 6 МПа.

У даний час машинобудування розвивається в напрямку збільшення швидкості та навантаження при роботі деталей машин, механізмів. Для цього потрібно постійно підвищувати їх надійність та довговічність. Основна частина вузлів машин виходить з ладу у результаті поверхневого руйнування, найбільше від зношування. Традиційні конструкційні матеріали і їх об'ємна термічна обробка свої можливості вичерпали. Тому на даному етапі є актуальна необхідність розроблення нових технологій