

13. Старенченко В.А., Пантохова О.Д., Старенченко С. В., Колупаева С.Н. Деформационное разрушение дальнего порядка в  $L1_2$  – сплавах, связанное с генерацией сверхдислокаций // Изв. Вузов Физика. 2000. № 12. с. 29-34.
14. Старенченко С.В., Замятина И.П., Старенченко В.А. Деформационное воздействие на состояние дальнего атомного порядка крупнокристаллического  $Ni_3Al$  и монокристаллического  $Ni_3Fe$  сплавов. // Изв. вузов. Физика (Приложение). 2002. № 8. с. 12 – 19.
15. Старенченко С.В., Замятина И.П., Старенченко В.А., Козлов Э.В. Фазовый переход порядок – беспорядок в сплаве  $Cu_3Pd$ , индуцированный пластической деформацией. // Изв. вузов. Физика. 2000. № 8. с. 3 – 9.
16. Старенченко С.В., Сизоненко Н.Р., Старенченко В.А., Козлов Э.В. Деформационное разупорядочение сплава  $Au_4Zn$ . // ФММ. 1996. т. 81. вып. 1. с. 84 – 90.
17. Старенченко В.А., Пантохова О.Д., Старенченко С.В. Моделирование процесса деформационного разрушения дальнего порядка в сплавах со сверхструктурой  $L1_2$ . // ФТТ. 2002/ т. 44. вып. 5. с. 950 – 957.
18. Старенченко В.А., Абзаев Ю.А., Черных Л.Г. Феноменологическая теория термического упрочнения сплавов со сверхструктурой  $L1_2$ . // Металлофизика. 1987. т. 2. № 9. с. 22 – 28.
19. Старенченко С.В. Закономерности термического и деформационного фазовых переходов порядок-беспорядок в сплавах со сверхструктурами  $L1_2$ ,  $L1_2(M)$ ,  $L1_2(MM)$ ,  $D1_a$ : Дисс. ... докт. ф.-м. наук. Томск. 2003. 592 с.
20. Попов Л.Е., Пудан Л.Я., Колупаева С.Н., Кобьтвев В.С., Старенченко В.А. Математическое моделирование пластической деформации. – Томск: Изд-во Том. ун-та. 1990. 184 с.
21. Старенченко В.А., Старенченко С.В., Колупаева С.Н., Пантохова О.Д. Генерация точечных дефектов в сплавах со сверхструктурой  $L1_2$ . // Изв. вузов. Физика. 2000. № 1. с. 66 – 70.
22. Пудан Л.Я., Терентьева И.А., Старенченко В.А., Попов Л.Е. Теоретическое описание атомного упорядочения в процессе деформации сплавов со сверхструктурой  $L1_2$ . // Изв. вузов. Физика. 1989. № 5. с. 113 – 115.
23. Старенченко В.А. Экспериментальное исследование и математическое моделирование деформационного и термического упрочнения монокристаллов ГЦК чистых металлов и сплавов со сверхструктурой  $L1_2$ : Автореф. дисс. ... доктора физ.-мат. наук. Томск, 1991. 39 с.

## СТРУКТУРНЫЕ И ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В СПЛАВАХ ЖЕЛЕЗА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ПОТОКА ПОРОШКОВЫХ ЧАСТИЦ

Зельдович В. И., Коршунов Л. Г., Хомская И. В., Фролова Н. Ю.,  
Хейфец А. Э., Ушеренко С. М.

*Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия,  
[zeldovich@imp.uran.ru](mailto:zeldovich@imp.uran.ru)*

При воздействии высокоскоростного потока разогнанных взрывом порошковых частиц на металлическую преграду отдельные частицы проникают внутрь преграды на расстояния, превышающие их размер в 100-1000 раз. Это явление называют сверхглубоким прониканием [1]. Считается, что проникание происходит по каналам, которые частично или полностью захлопываются после прохождения частиц. Вследствие небольшой доли (до 1%) проникших частиц структурные изменения в преграде, связанные с прониканием, носят локальный характер. Структурные и фазовые превращения в материале преграды обусловлены, главным образом, воздействием ударных волн, кото-

рые возбуждаются при соударении потока с преградой. Особенность возбужденных ударных волн заключается в неоднородности воздействия и большой длительности, достигающей 100-200 мкс.

При исследовании микроструктуры преград из железо-никелевых, железо-марганцевых сплавов и сталей, подвергнутых действию потока частиц SiC или Cr, были рассмотрены изменения структуры, вызванные ударными волнами, и изменения, связанные с собственно прониканием. В сплаве Fe-32%Ni наблюдали участки, в которых линзовидные кристаллы мартенсита испытали частичное превращение в аустенит, что соответствует давлению в ударной волне 8 ГПа. В сплаве Fe-6%Ni с исходной ферритной структурой наблюдали следы цикла  $\alpha \rightarrow \epsilon \rightarrow \alpha$  превращений, появляющиеся при давлении более 12 ГПа. Следовательно, «фоновое» давление в отдельных участках преград составляет ~10 ГПа. При таком давлении температурные эффекты ударных волн не существенны и не могут повлиять на структуру сплавов железа. В сплаве Fe-21%Mn с исходной ( $\gamma + \epsilon$ )-структурой воздействие потока частиц привело к образованию 5-6%  $\alpha$ -фазы. Так как  $\alpha$ -фаза имеет больший удельный объем, чем  $\epsilon$ - и  $\gamma$ -фазы, то причина ее образования - не давление в ударной волне, а деформация.

Часть преграды от поверхности воздействия на глубину 3-5 мм испытывает пластическую деформацию осадкой (сжатие), остальная часть подвергается высокоскоростной деформации, связанной с прохождением ударных волн. Эта деформация проявляется как равномерная и локализованная. Равномерная деформация приводит к повышению плотности дислокаций и появлению двойников, локализованная - к появлению полос сдвига.

Методами металлографии, дифракционной электронной микроскопии и локального рентгеноспектрального анализа в материалах преград были найдены отдельные проникшие частицы SiC и Cr. Размер проникших частиц был на два порядка меньше, чем исходных. При электронно-микроскопических исследованиях часто наблюдали специфические экстинкционные контуры в виде «пауков», связанные, вероятно, с полями упругих напряжений вокруг захлопнувшихся каналов сверхглубокого проникания.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 03-03-33028.*

1. Ушеренко С.М. Сверхглубокое проникание частиц в преграды и создание композиционных материалов. 1998. Минск. НИИ импульсных процессов. 210 с.

## **ДЕФОРМАЦИЯ И ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В СТАЛИ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МОЩНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН**

**Зельдович В. И., Фролова Н. Ю., Хейфец А. Э., Пурыгин Н. П.**

*Институт физики металлов УрО РАН, Екатеринбург, Россия,  
zeldovich@imp.uran.ru*

Действие ударных волн складывается из нескольких факторов. Высокое давление, которое действует в течение нескольких микросекунд, вызывает превращения с образованием фаз высокого давления. Вследствие кратковременности воздействия такие фа-