

ПРОЦЕСС ПРОШИВКИ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМИ ПОТОКАМИ ПОРОШКОВЫХ ЧАСТИЦ

¹Марукович Е.И., ²Ушеренко Ю.С., ³Ушеренко С.М.,
⁴Шарифзянов В.Г.

¹Институт металлов НАН Беларуси, г.Могилев, Беларусь, info@itm.by,

²Филиал БНТУ «ИПК и ПК», г. Минск, Беларусь, osher_yu@mail.ru ;

³БНТУ, г. Минск, Беларусь usherenko@gmail.com ,

⁴ООО «Ростверк», г. Ижевск, Россия, yer777@gmail.com

Качественным отличием физики процесса сверхглубокого проникания (СГП) от классического удара является то, что наблюдаемые в нем аномалии переноса массы и энергии и реализуются в «закрытой системе». Кумулятивные энергетические процессы в закрытой системе приводят к тому, что скорость выведения вещества всегда меньше, чем скорость отвода энергии из закрытых зон. Только динамический массоперенос ударными волнами (сотни – тысячи метров в секунду) и электромагнитное излучение из зоны захлопывания могут влиять на параметры процесса сверхглубокого проникания в режиме реального времени.

Введение. Разработка новых технологий, как правило, происходит на базе информации о новых физико-химических эффектах. Для этого требуется создание наглядной картины рассматриваемых эффектов и технологических операций. Необходимо понимание необычных причинно-следственных связей при управлении этими эффектами. Поскольку процесс сверхглубокого проникания стал известен относительно недавно, то на его основе можно рассмотреть вышесказанные утверждения [1].

Ярким отличием процесса сверхглубокого проникания от классического удара являются необычные относительные глубины проникания, которые достигают 100 - 10000 калибров. Такие результаты предполагают эффект интенсивного подвода дополнительной энергии к движущейся частице пыли (порошка). Это значит, что скорость подвода энергии к ударнику выше, чем скорость движения по траектории собственно частицы.

Соотношение скоростей подвода и отвода энергии в закрытой системе предопределяет достигаемую плотность энергии в единичном объеме.

Наличие значительного градиента плотности позволяет управлять процессом динамического массопереноса в автоматическом режиме. Перепад плотности по объему металлического твердого тела позволяет пропускать или отражать ударные волны. За счет фокусировки ударных волн формируются зоны высокого и сверхвысокого давления. В процессе сверхглубокого проникания происходит размывание вводимого вещества по стенкам формируемого ударником канального элемента. При схлопывании каналов со скоростями ~ 1000 м/с происходит взаимодействие между вводимым и матричным материалом, т.е. реализуется динамический массоперенос.

В варианте фокусировки высокого и сверхвысокого давления на поверхности канальной полости или поры происходит их захлопывание. Вариант захлопывания в точку под действием высокого давления предполагает возможность достижения плотности энергии $\geq 10^{15}$ Дж/м³. В процессе сверхглубокого проникания миллионы порошковых частиц движутся в объеме металлического тела. Позади ударника в квазижидкой плазме формируется полость, которая захлопывается под действием фонового давления. При этом разрушается кристаллическая решетка матрицы, а вещество переходит из твердого состояния в плотную плазму. Таким образом, может быть реализован автоматический процесс инерционного термоядерного синтеза.

Экспериментальные исследования. В качестве металлической матрицы был использован технический алюминий (А7), а в качестве ударников – порошок карбида кремния. Использование технического алюминия в качестве преграды объясняется тем, что этот материал имеет низкий градиент плотности по объему. В процессе формируется относительно прямолинейный трек, а в зоне взрыва возникает высокое давление. Высокое давление в треке за ударником ускоряет его движение вдоль трека в плоскости шлифа (рис. 1).

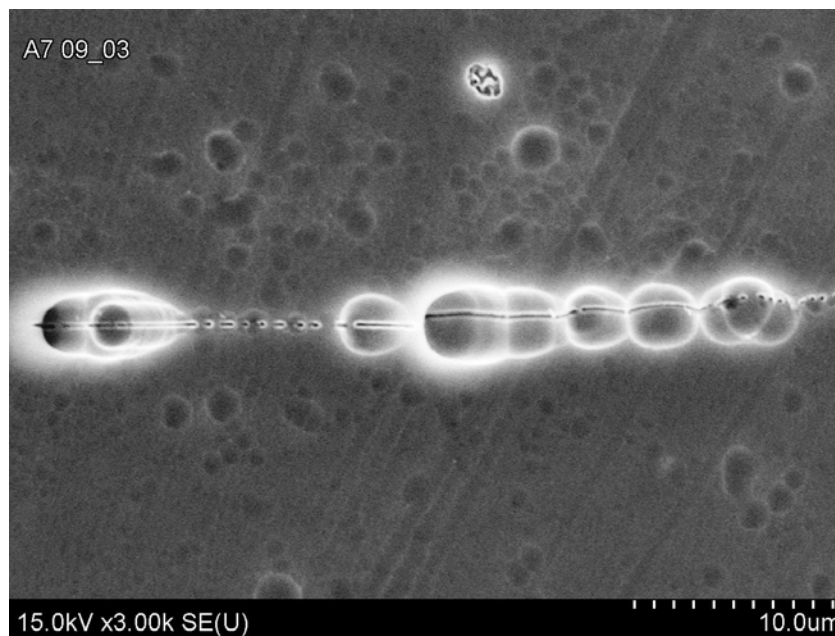


Рис. 1. Взрывные структуры в канальной зоне при движении частицы SiC внутри объема технического алюминия при прошивки металлической матрицы.

Легирование волоконных структур происходит в процессе формирования канальных зон при прошивки алюминиевой матрицы. Ударник - SiC движется в алюминиевой матрице. Материал ударника размазывается по внутренней поверхности канала и под действием фонового давления в матрице канальная полость захлопывается. Вдоль трека при слипании атомных ядер, где поперечный размер точки захлопывание не более 2-х размеров ядра может генерироваться дополнительная энергия в форме взрыва, что и наблюдается на рис.1. Этот экспериментальный результат объясняет скачкообразное увеличение глубины проникания пылевых сгустков по сравнению с глубиной проникания отдельного ударника в тысячи раз.

Исследования показали, что отвод дополнительно генерируемой энергии при сверхглубоком проникании может реализоваться в форме электромагнитного поля. Электромагнитное поле на первой стадии СГП формируется при движении частиц внутри твердого тела. Движение частиц происходит при трении с потерей массы, приводя к появлению на них зарядов. Движение множества заряженных частиц инициирует формирование поля. Пульсация зон внутри «солитонов» высокого давления приводит к пульсации плотной плазмы, а ударно-волновые процессы перемещают в металлах обобществленные электроны.

Эксперименты показали, что энергия электрического поля в зазоре между ускорителем и массопроводом в каждый период ($T=65$ нс) составляет ≈ 13125 КДж. Кинетическая энергия удара сгустка пылевых частиц для запуска режима СГП составляла 150 КДж.

В результате действия управляющего электрического поля, генерируемого при СГП, движутся высокоэнергетические т.н. «галактические» ионы - меняют направление движения, ускоряются и тормозятся. До выхода из преграды (поворота) средняя скорость ионов составляет 19000 км/с, а после поворота и движения по окружности – 35000 км/с [2].

За счет интенсивного массопереноса, реализуемого в канальных зонах, меняется химический состав волокон. Как результат такой генерации дополнительной энергии алюминиевая матрица за доли секунды преобразуется в алюминиевый композиционный материал. Структура синтезируемого материала арматуры существенно отличается от исходной матрицы (рис. 2).

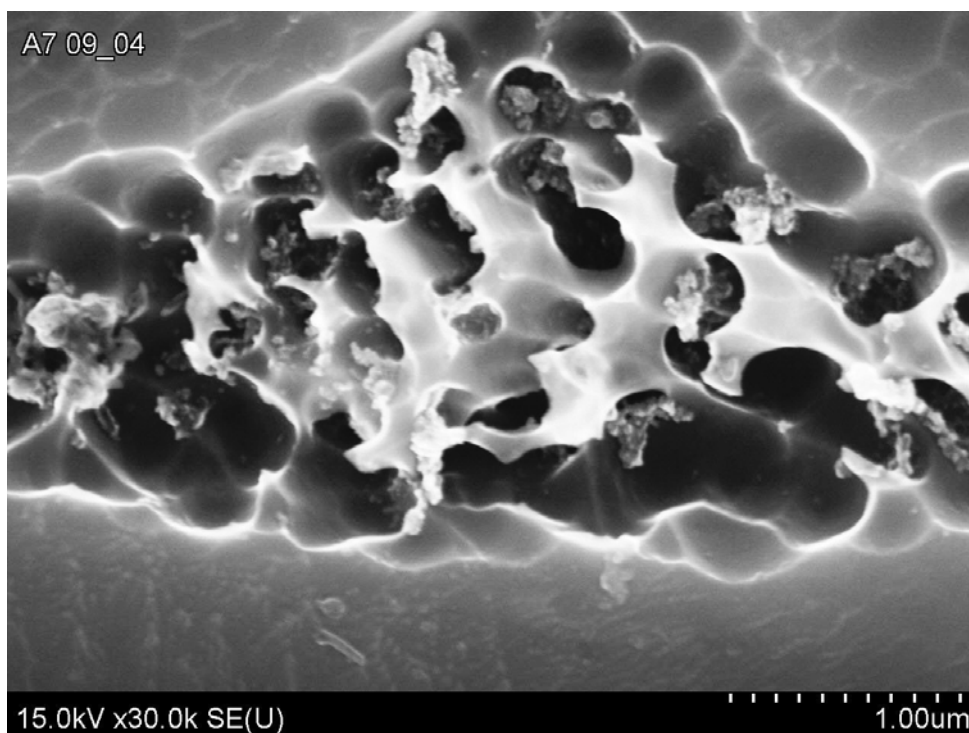


Рис. 2. Структура волоконного армирующего материала после СГП обработки алюминия

Заключение. Рассмотрев экспериментальные эффекты процесса сверхглубокого проникания можно сделать ряд основных выводов: армирующий материал состоит из двух составляющих. При этом первая высокоактивная составляющая структуры интенсивно удаляется при травлении шлифа и ее можно видеть как многочисленные поры. Генерация дополнительной энергии при СГП носит взрывной характер и происходит при схлопывании канала в точку.

Все эти особенности реализации сверхглубокого проникания позволяют использовать его в качестве эффективного инструмента для создания новых металлических композиционных материалов.

Список литературы

1. Ушеренко С.М. Процесс сверхглубокого проникания/ С.М. Ушеренко, Ю.С.Ушеренко, Е.И. Марукович // Перспективные технологии : коллективная монография/ А.В. Алифанов [и др.] ; под ред.В.В. Клубовича. – Витебск, 2011 – Гл. 19 – С. 442 – 481.
2. Ушеренко С.М. Энергия, генерируемая при проникании пылевых ступков / С.М.Ушеренко, Е.И. Марукович, Ю.С. Ушеренко // Изобретатель. – 2012. – Т. 154, №10 – С. 44-48.