

**Микроструктурный анализ слоистых композитов после деформации листовых материалов на основе железа и алюминия**

Рудницкий Ф.И.<sup>1</sup>, Лущик П.Е.<sup>2</sup>, Рафальский И.В.<sup>2</sup>, Покровский А.И.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, <sup>2</sup>Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», <sup>3</sup>Физико-технический институт НАНБ

В работе представлены результаты микроструктурного анализа слоистых композитов, полученных с использованием различных схем деформации листовых материалов на основе железа и алюминия, по данным металлографических и спектроскопических исследований.

Изготовление слоистых образцов из разнородных листовых материалов на основе железа и алюминия осуществляли с использованием различных схем деформации, полученных методами гидроударной штамповки (ударного гидроформинга) и поперечно-клиновой прокатки (ПКП) в лаборатории высоких давлений и специальных сплавов Физико-технического института Национальной академии наук Беларуси (ФТИ НАН Беларуси).

Анализ поперечных срезов экспериментальных образцов металломатричных слоистых композитов, полученных с использованием листовых материалов на основе железа и алюминия методом гидроударной штамповки, показал, что в процессе деформирования пакетов листовых материалов из алюминиевого сплава АМцМ и низкоуглеродистой стали 08кп при энергии удара УГФ от 510 до 905 Дж для всех использованных комбинаций материалов наблюдалось полное или частичное расслоение слоев. При использовании высокоэнергетических параметров воздействия на деформируемые материалы (905 Дж) наблюдалось появление трещин на стальном слое, гофрообразование и частичное разрушение образцов (рисунок 1). Таким образом, применение схем деформации при гидроударной штамповке, не предусматривающих возможность существенного перераспределения материала соприкасающихся слоев деформируемой заготовки при воздействии сдвиговых нагрузок, не позволяет обеспечить формирование прочных соединений листовых материалов на основе алюминия и железа.

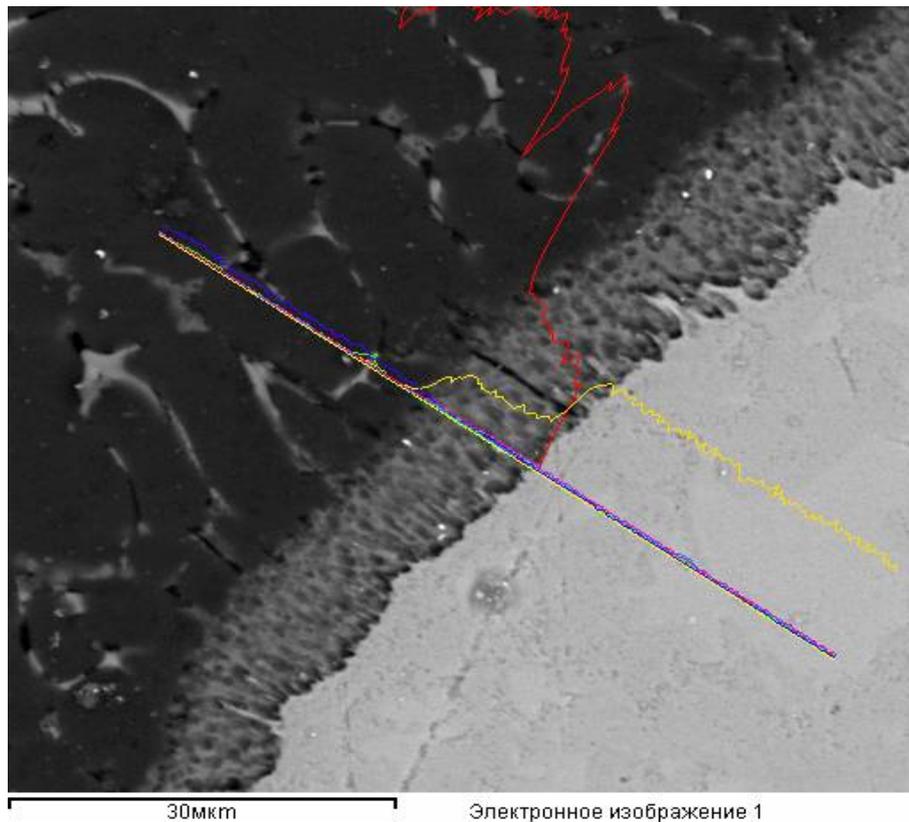


Рисунок 1 – Внешний вид поперечных срезов экспериментальных образцов металломатричных слоистых композитов, полученных с использованием листовых материалов на основе железа и алюминия, методом гидроударной штамповки алюминиевого сплава АМцМ и низкоуглеродистой стали 08кп: а – энергия удара 510 Дж; б – энергия удара 905 Дж

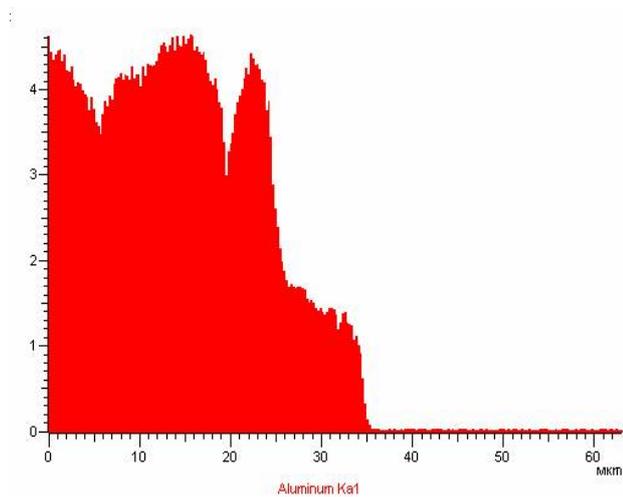
Исследование влияния эффекта перераспределения материала деформируемой биметаллической заготовки при воздействии сдвиговых нагрузок проводили с использованием образцов слоистых материалов системы «алюминий-сталь» в виде трубчатых биметаллических сэндвичей, полученных методом ПКП, формообразование которых осуществлялось путем перераспределения металла вдоль оси заготовки движущимся поперек оси плоским клиновым инструментом.

Установлено, что в экспериментальных образцах, полученных с использованием ме-

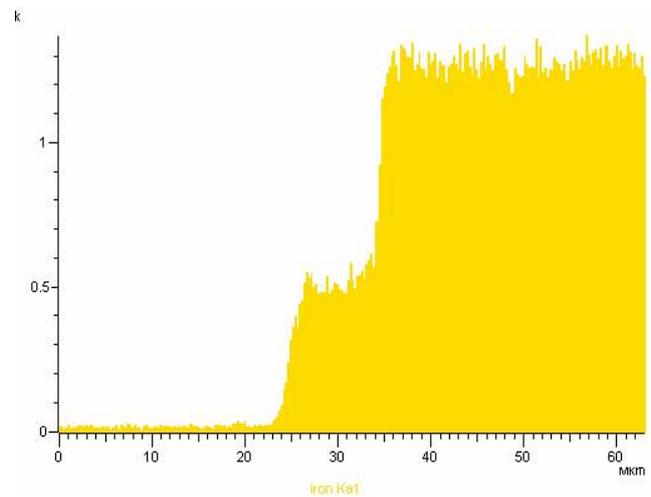
тогда продольно-клиновой прокатки материалов на основе железа и алюминия, соединение разнородных материалов реализуется преимущественно без дефектов расслоения с четко выраженной границей раздела (рисунок 2).



а)



б)



в)

Рисунок 2 – Электронное изображение микроструктуры (а) и спектры рентгенофлуоресцентного излучения основных элементов (б – алюминия, в – железа) на границе раздела разнородных материалов образцов композитов, полученных методом поперечно-клиновой прокатки

Анализ полученных данных металлографического и спектроскопического анализа исследованных композитов показал, что при использовании схем деформации материалов на основе железа и алюминия, реализуемых при ПКП, обеспечивается формирование переходной зоны соединения («сварного шва») материалов от 10 до 20 мкм, структура которой зависит от состояния поверхности соединяемых материалов и их состава.

Результаты спектроскопического анализа слоистых композитов на основе железа и алюминия, полученных методом поперечно-клиновой прокатки, свидетельствуют о том, что дефекты расслоения разнородных материалов по границе материала могут формироваться путем агрегации на границе раздела оксидных включений, а также металлических примесей, таких как висмут и свинец.

*Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, проект T20КИ-023 «Исследование структурных характеристик многослойных композитов в системе Fe-Al».*