



<https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-119-124>
УДК 534.2

Поступила 26.04.2023
Received 26.04.2023

ДИНАМИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НОВЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНАХ СВЕРХГЛУБОКОГО ПРОНИКАНИЯ

Ю. С. УШЕРЕНКО, С. М. УШЕРЕНКО, А. Х. ЯЗДАНИ ЧЕРАТИ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: usherenko@gmail.com

Показано, что в результате воздействия процесса сверхглубокого проникания (СГП) на зону сварки двух стальных пластин обнаружены синтезированные редкоземельные элементы – лантан и церий. При движении в зоне сварки сгустков микрочастиц образуются каналы, где формируются волокна, в которых за счет дополнительной энергии синтезируются новые химические элементы из группы редкоземельных металлов – лантан и церий.

Ключевые слова. СГП, зона сварки, синтез редкоземельных элементов.

Для цитирования. Ушеренко, Ю. С. Динамический синтез новых химических элементов в зонах сверхглубокого проникания / Ю. С. Ушеренко, С. М. Ушеренко, А. Х. Яздани Черати // *Литье и металлургия*. 2023. № 2. С. 119–124. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-119-124>.

NEW CHEMICAL ELEMENTS DYNAMIC SYNTHESIS IN ULTRA-DEEP PENETRATION ZONES

Ju. S. USHERENKO, S. M. USHERENKO, A. H. JAZDANI CHERATI, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: usherenko@gmail.com

It is shown that synthesized rare-earth elements – lanthanum and cerium – were detected as a result of the effect of the ultra-deep penetration process (SDP) on the welding zone of two steel plates. When moving in the welding zone of clumps of micro-particles, channels are formed where fibers are formed, in which new chemical elements from the group of rare earth metals – lanthanum and cerium – are synthesized due to additional energy.

Keywords. SDP, welding zone, synthesis of rare earth elements.

For citation. Usherenko Ju. S., S. M. Usherenko S. M., Jazdani Cherati A. H. New chemical elements dynamic synthesis in ultra-deep penetration zones. *Foundry production and metallurgy*, 2023, no. 2, pp. 119–124. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2023-2-119-124>.

Метод сверхглубокого проникания (СГП) реализуется с 1978 г. для модификации металлов и создания композиционных материалов для различных отраслей промышленности (горная добыча, строительство, космическая отрасль и др.). При этом использование источника высокой энергии приводит, как оказалось, к синтезу различных новых химических элементов в зонах, подвергшихся воздействию СГП (бомбардировке микрочастицами). В данном случае рассматривается наличие редкоземельных элементов (лантаноидов – лантана и церия) в значимых количествах.

Лантаноиды – отдельная группа металлов, геохимически относится к редкоземельным элементам (РЗЭ) [1]. В мировой науке постоянно возрастает важность использования редкоземельных элементов, в том числе лантаноидов, в качестве компонентов новых материалов, практически повсеместно применяемых в инновационных технологиях, что обуславливает необходимость всестороннего изучения данных металлов. Появилось множество экспериментальных работ, посвященных изучению разных аспектов синтеза лантаноидов в природных объектах [2].

Среди химических элементов, используемых человеком в различных сферах деятельности, особое место занимает отдельная группа – лантаноиды или лантаниды. Первое название означает «подобные лантану», что лучше отражает суть свойств этих элементов, которые очень близки к свойствам лантана, чем второе – «идущие за лантаном» [2].

Это семейство включает в себя 14 элементов: церий (Ce), празеодим (Pr), неодим (Nd), прометий (Pm), самарий (Sm), европий (Eu), гадолиний (Gd), тербий (Tb), диспрозий (Dy), гольмий (Ho), эрбий (Er),

тулий (Tm), иттербий (Yb) и лютеций (Lu). Совместно с лантаном (La), скандием (Sc) и иттрием (Y) они составляют группу так называемых редкоземельных элементов (РЗЭ, Rare Earth Elements – REE, также встречается сокращение TR от латинского terrae rarae – «редкие земли») [2]. Данные о содержании лантаноидов в природных источниках в Беларуси отсутствуют. В России они изучались на территориях с высокими концентрациями лантаноидов – техногенные и природные аномалии [2]. В последние годы с распространением метода атомно-эмиссионной масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой можно достаточно легко и с высокой точностью определять концентрации РЗЭ [3]. Необходимость в обнаружении и накоплении данных о положительных результатах поисковых работ редкоземельных элементов остается актуальной.

Требования, предъявляемые к современным материалам, металлам и сплавам, могут носить противоречивый характер. Удовлетворить эти требования можно путем использования композиционных материалов. Композиционным материалом (КМ), или композитом называют объемную гетерогенную систему, состоящую из сильно различающихся по свойствам, взаимно нерастворимым (в пределе – химически не взаимодействующих) компонентов, строение которой позволяет использовать преимущества (свойства) каждого из них. В отличие от многих гетерогенных сплавов подавляющее число КМ находится в термодинамически неравновесном состоянии.

При соударении макроударника с преградой установлен факт, что глубина пробоя преграды будет не более шести размеров ударника (калибров). Метание сгустка множества микрочастиц при СГП приводит к аномалии – относительной глубине проникания на десятки и сотни размеров исходного микроударника. Базовый эффект сверхглубокого проникания – сгусток микроударников при соударениях с металлической преградой в комплексе позволяет реализовать резкое падение сопротивления внедрению пылевых частиц (размер микрочастицы – меньше чем 100 мкм). В режиме сверхглубокого проникания микрочастиц (размеры микроударников 1–100 мкм) происходит проникание в металлы на глубину в десятки и сотни миллиметров. Сверхглубокое проникание, т. е. разгон сгустка микрочастиц на аномальные глубины, сопровождается микровзрывами. Генерация энергии обеспечивает движение микроударников вдоль траектории за счет множества микровзрывов и термоядерного синтеза лантаноидов [4].

При СГП сгустки дискретных порошковых микрочастиц соударяются с массивными металлическими преградами и прошивают их на глубины в десятки и сотни миллиметров. Трение микроударников с внутренней стенкой канальных элементов металлической преграды приводит к появлению внутри матрицы множества движущихся зарядов. Движение заряженных частиц в объеме твердого тела инициируют электромагнитные поля и множество микровзрывов. Излишки генерируемой энергии при сверхглубоком проникании пульсируют в закрытых зонах. Пульсация вещества внутри матричного материала происходит в форме «солитонов» высокого давления [3]. Пульсации канальных элементов совмещаются в пространстве с канальными структурами (траекторией движения частиц). Это приводит к взрывной локальной пульсации плотной плазмы. Ударно-волновые процессы генерируют в металлической оболочке ионы и обобществленные электроны.

Результаты исследования

Выполнен анализ зоны электрической сварки пластин из нержавеющей стали aisi304 после динамической прошивки сгустками частиц Cu и SiC (исходные размеры частиц менее чем 100 мкм, режим сверхглубокого проникания) (рис. 1). Скорость разгона пылевого сгустка достигала 800 м/с.



Рис. 1. Образец из двух исходных пластин нержавеющей стали с зоной электрической сварки в центре после прошивки сгустками порошков меди и частиц карбида кремния. х5

Сталь aisi304 – аустенитная низкоуглеродистая, содержит 17–19% хрома и 8–10% никеля в зависимости от производителя (см. таблицу). Такое содержание хрома в составе обеспечивает хорошую устойчивость к агрессивным воздействиям различных веществ.

Химический состав стали aisi304

Химический элемент	Состав стали aisi304, %
Углерод	До 0,8
Кремний	До 0,8
Марганец	До 0,2
Никель	9–11
Сера	До 0,02
Фосфор	До 0,035
Хром	17–19
Титан	До 0,5
Медь	До 0,3
Железо	~69

Химический анализ исходного сварного материала (см. рис. 1) в зоне сварки приведен на рис. 2.

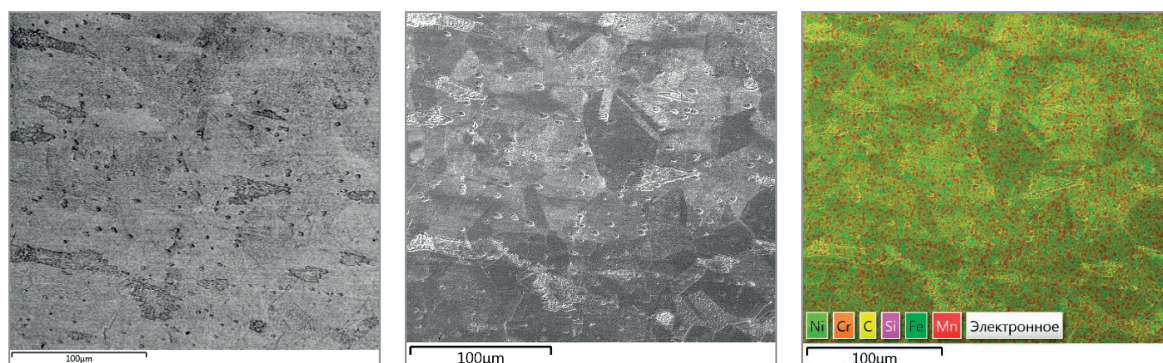


Рис. 2. Структура и элементный анализ исходного сварного материала (зона сварки в центральной зоне)

Химический анализ в зоне сварки после динамической обработки приведен на рис. 3.

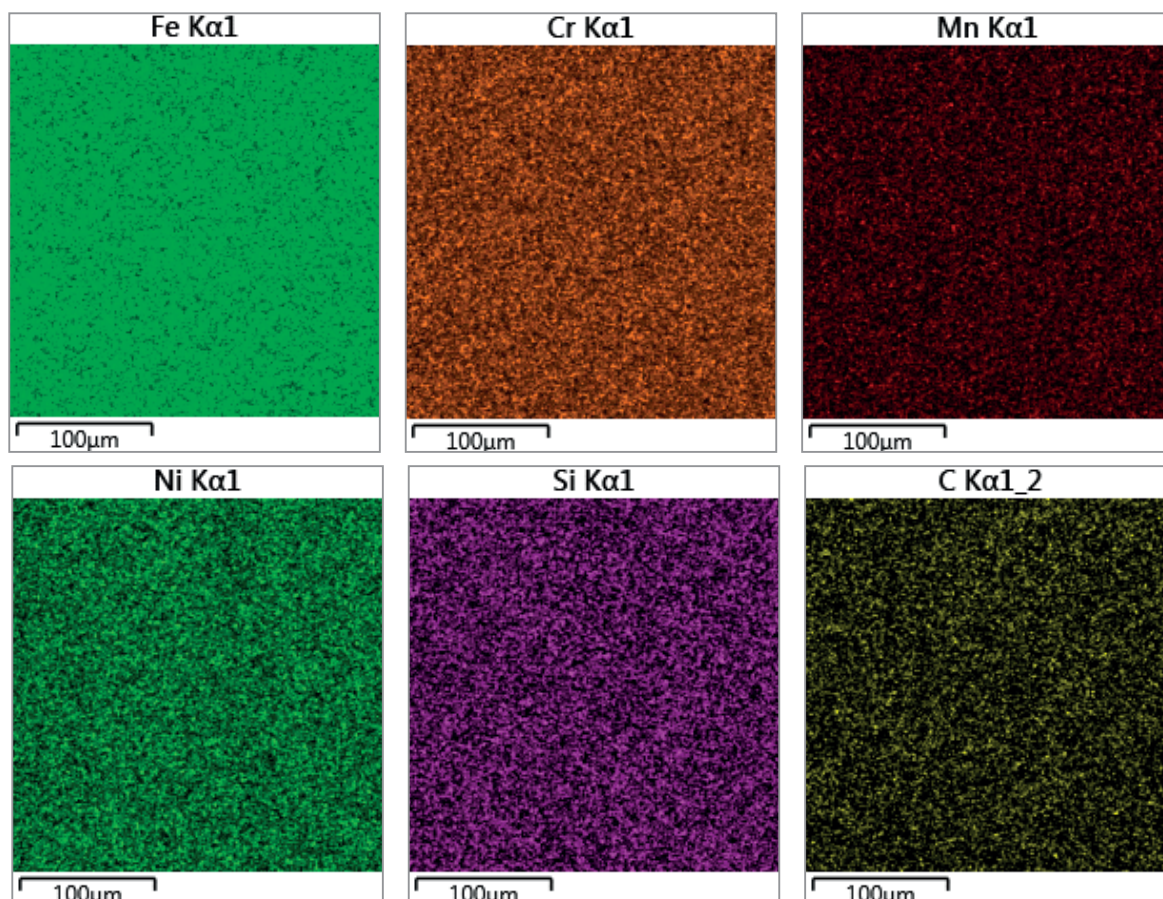


Рис. 3. Элементный анализ зоны сварного материала: железо, хром, марганец, никель, кремний и углерод

На рис. 4 показана граница между зоной внедренной меди (синий цвет) и зоной базового железа (зеленый цвет). Аналогичная картина показана на рис. 5 между зоной внедренной меди и зоной внедренного карбида кремния. Наблюдается картина перемешивания меди (синий цвет) и карбида кремния (красный цвет). В этой зоне и синтезируются лантан и церий – новые химические элементы.

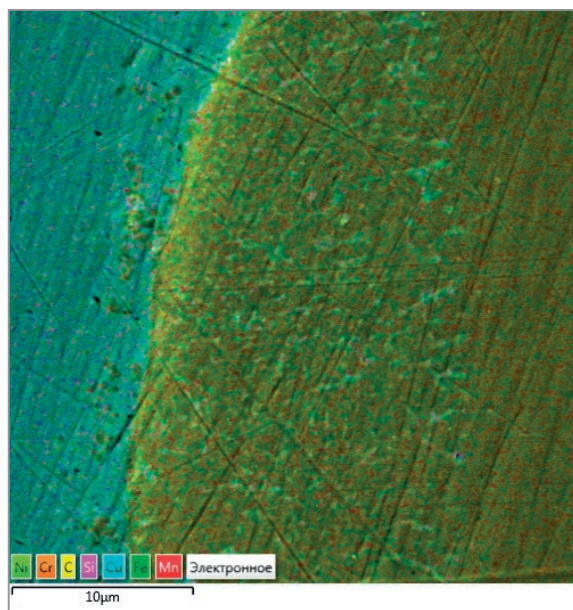


Рис. 4. Элементный анализ зоны раздела из сваренных зон стали после прошивки ее сгустками частиц меди и карбида кремния

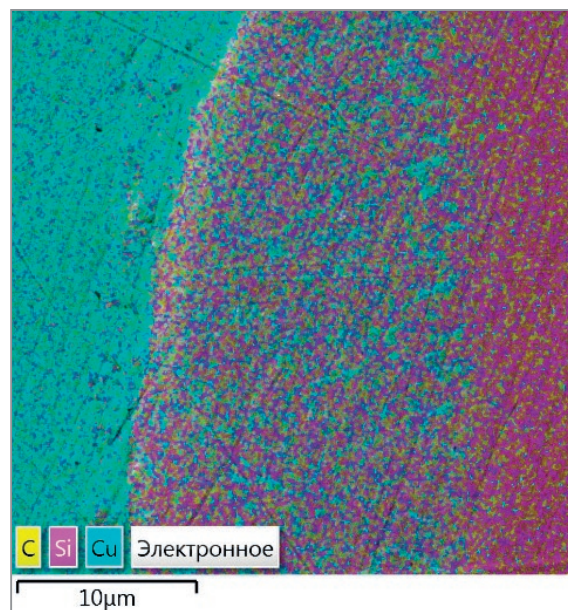


Рис. 5. Элементный анализ зоны раздела из сваренных зон стали после прошивки зоны соединения сгустками частиц меди и карбида кремния

На рис. 6 показана элементная картина сварной зоны пластин из нержавеющей стали после прошивки сгустками частиц меди и карбида кремния (размеры частиц менее чем 100 мкм). Различные химические элементы создают такую картину после прошивки сгустками порошковых частиц в режиме сверхглубокого проникания со скоростями более чем 800 м/с. При этом режиме достигаются глубины в десятки и сотни миллиметров.

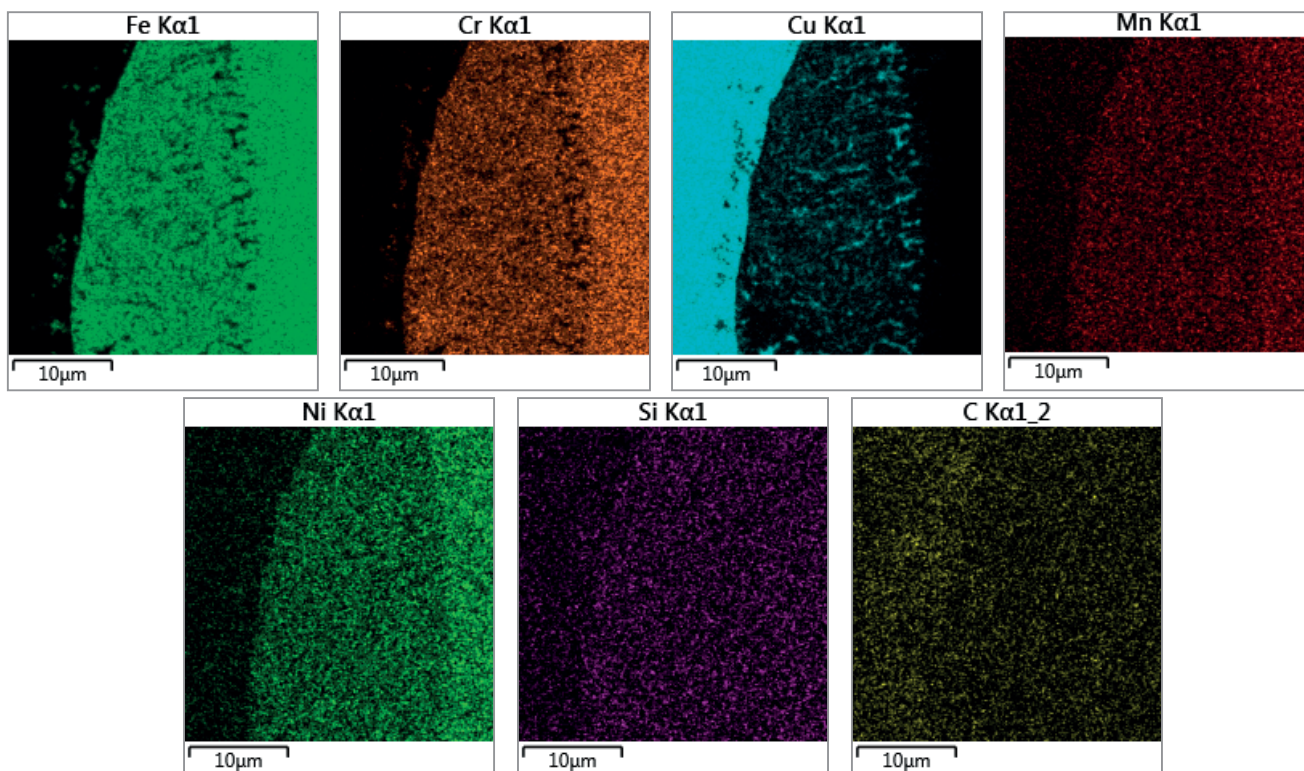


Рис. 6. Химические элементы в зоне сварки после прошивки сгустками частиц меди и карбида кремния

На рис. 7 показаны элементы структуры после динамической обработки сгустками SiC+Cu и выдержки в течение 1 сут.

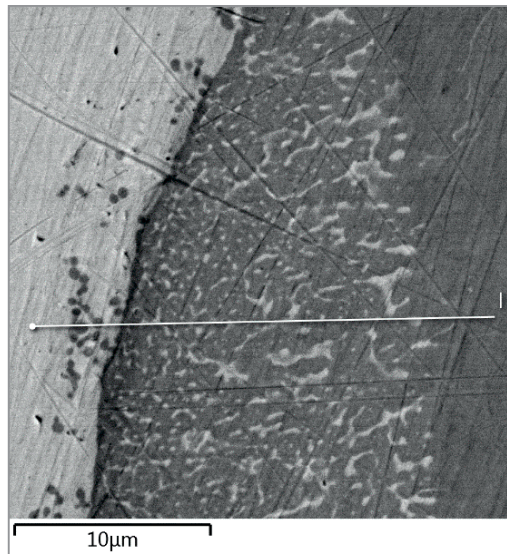


Рис. 7. Элементы структуры и дефекты зоны сварки после прошивки сгустками

После сверхглубокого проникания сгустками частиц по истечению времени выдержки более 1 сут на рис. 8, 9 показаны химические элементы в зоне сварки. Поэтому аномалией синтеза (рис. 9) является синтез новых химических элементов La и Ce (лантан и церий).

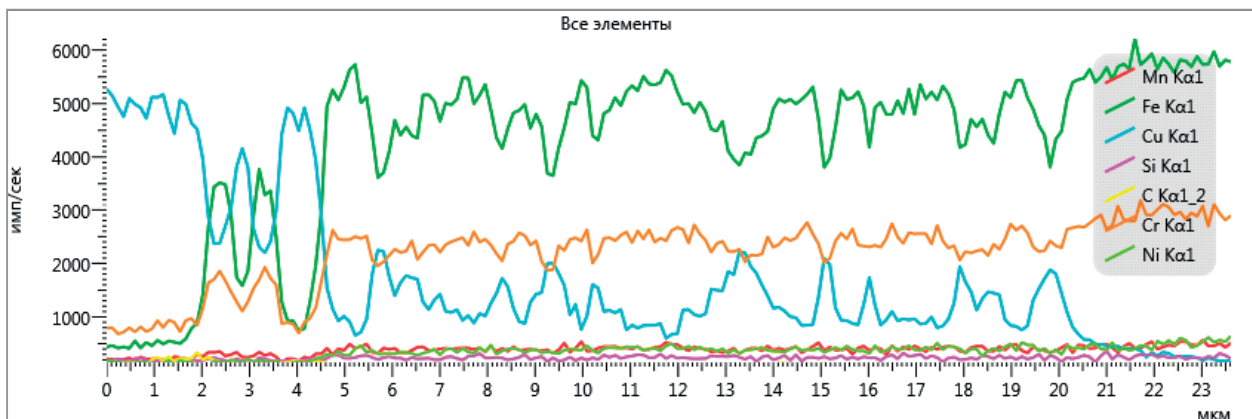


Рис. 8. График концентрации Mn, Fe, Cu, Si, C, Cr и Ni как элементов структуры после прошивки зоны сварки и создания дефектов прошивки в режиме СГП

Минимальная концентрация в стальной сварной зоне химических элементов от 100 частей кремния до 1500 частей меди.

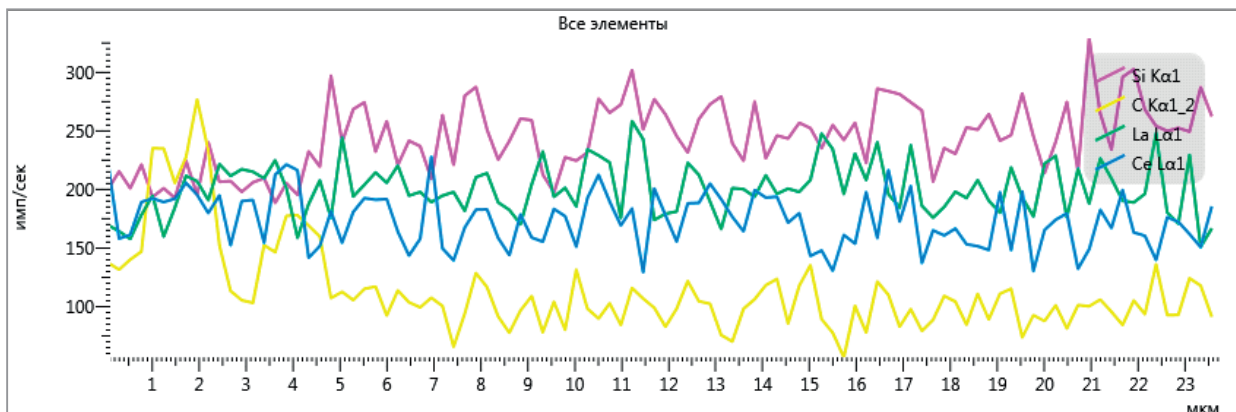


Рис. 9. График концентрации Si, C, La, Si, Ce как элементов структуры после прошивки зоны сварки и создания дефектов прошивки в режиме сгустка порошковых микрочастиц

Максимальная концентрация синтезируемых химических элементов (лантаноидов) La – 200 частей и Ce – 160 частей. Максимальная концентрация исходного материала (Fe) – 5000 частей. Таким образом, концентрация лантана в обработанной зоне сварки достигла 4 мас. %, а церия – 3 мас. %.

Выводы

1. Несмотря на высокую дефектность структуры металлов в зоне сварки, образец прострелен насквозь смесью порошков (Cu и SiC) поперек зоны сварки. Зона сварки находилась в центре около 70 мм от края образца.
2. В зоне сварки двух пластин из нержавеющей стали после обработки в режиме СГП смесью порошков карбида кремния и меди зафиксирован синтез лантана и церия.
3. Концентрация лантана в зоне сварки достигает 4 мас. % и церия – 3 мас. %, что доказывает протекание термоядерного синтеза новых элементов.
4. Процесс синтеза лантана и церия реализуется из зон меди и карбида кремния за период времени не менее 1 ч.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Марукович Е.И., Ушеренко Ю.С., Ушеренко С.М.** Процесс прошивки металлов и сплавов сгустками порошковых частиц // Перспективные материалы и технологии. Витебск: УО «ВГТУ», 2015.
2. **Котельникова, А.Д.** Деградация, восстановление и охрана почв. Лантаноиды в почве: поступление, содержание, влияние на растения, генотоксичность / А. Д. Котельникова, О. Б. Рогова, В. В. Столбова // Почвоведение. 2021. № 1. С. 100–119.
3. **Usherenko, S.** Dynamic Alloying of Steels in the Super-Deep Penetration Mode / S. Usherenko, Ju. Usherenko, V. Mironovs et al. // Materials. 2022. 15(6). 2280.
4. **Ушеренко, Ю.С.** Модификация материалов сварной зоны в режиме сверхглубокого проникания/ Ю.С. Ушеренко, С.М. Ушеренко, А.Л. Тарасевич, А.Н. Панько // Литье и металлургия. 2022. № 2. С. 111–117.

REFERENCES

1. **Marukovich E.I., Usherenko Ju.S., Usherenko S.M.** Process proshivki metallov i splavov sgustkami poroshkovyh chastic [The process of piercing metals and alloys with bunches of powder particles]. *Perspektivnye materialy i tehnologii = Promising materials and technologies*, Vitebsk, UO "VGTU" Publ. 2015.
2. **Kotel'nikova A.D., Rogova O.B., Stolbova V.V.** Degradacija, vosstanovlenie i ohrana pochv. Lantonoidy v pochve: postuple-nie, sodержanie, vlijanie na rastenija, genotoksichnost' [Degradation, restoration and protection of soils. Lantonoids in soil: intake, content, effect on plants, genotoxicity]. *Pochvovedenie = Soil science*, 2021, no.1, pp.100–119.
3. **Usherenko S., Usherenko Ju., Mironovs V. et al.** Dynamic Alloying of Steels in the Super-Deep Penetration Mode. *Materials*, 2022, no. 15(6), 2280 p.
4. **Usherenko Ju.S., Usherenko S.M., Tarasevich A.L., Pan'ko A.N.** Modifikacija materialov svarnoj zony v rezhime sverhglubokogo pronikanija [Modification of materials of the welded zone in the ultra-deep penetration mode]. *Lit'e i metallurgija = Foundry production and metallurgy*, 2022, no.2, pp. 111–117.