



.....

CAMSTech-II-2021: Современные достижения в области материаловедения и технологий

.....

Bimetallic Gradient Transition Zone Formation of the Cu-Ni System by
Dual Wire-Feed Electron Beam Additive Manufacturing

Gusarova A.V., Gurianov D.A., Chumaevskii A.V., Kalashnikova T.A., Osipovich K.S.,
Zhukov L.L., Nikonov S.Y.



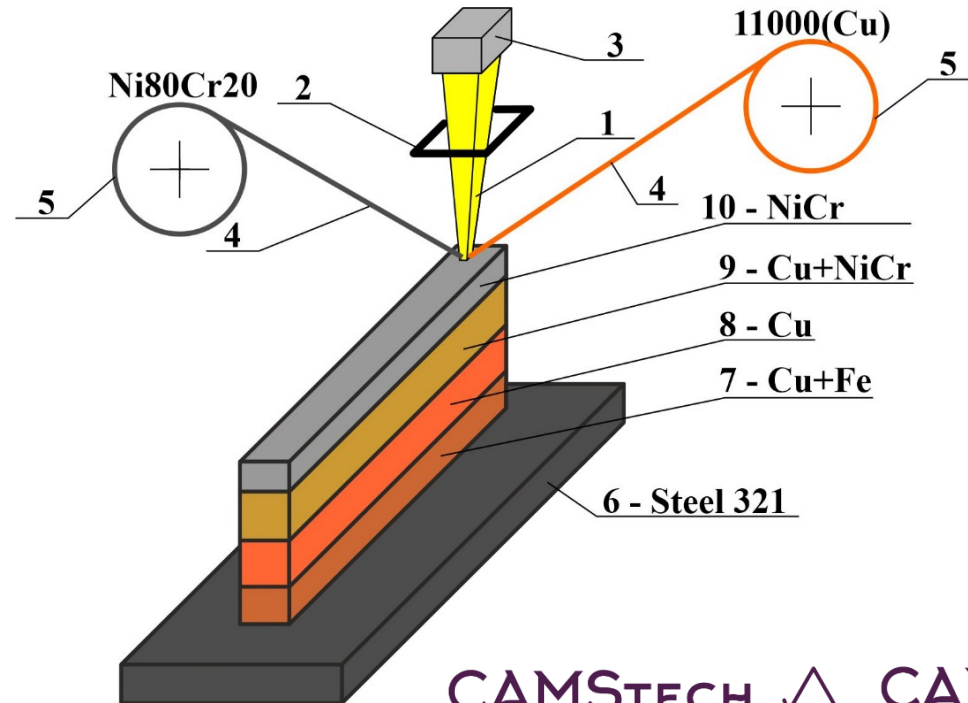
Актуальность



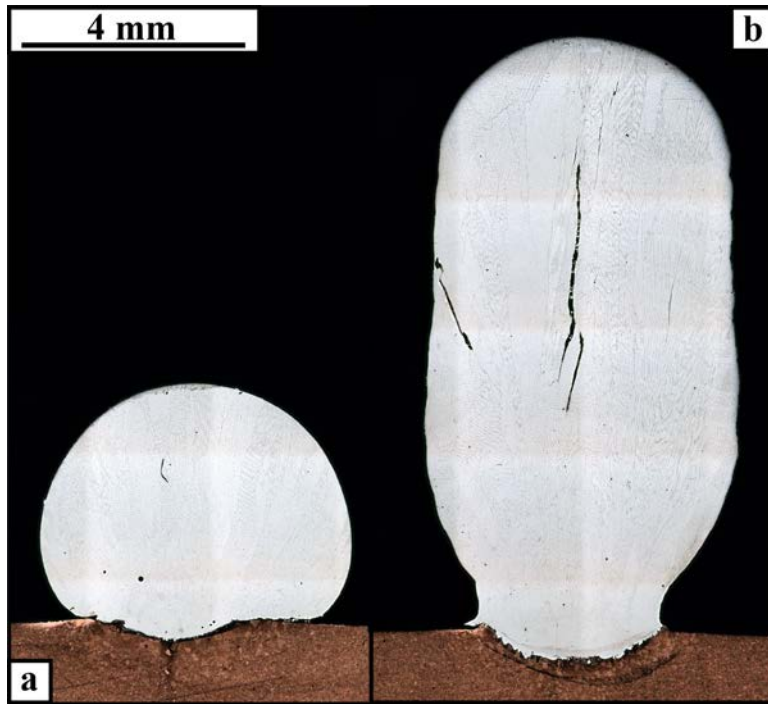
- В настоящее время возможности аддитивных технологий могут способствовать снижению затрат на производства различных деталей авиационной и ракетно-космической сферы, в том числе «шар-баллонов», вкладышей сопел ракетных двигателей, конструктивных элементов и т.д.
- В современной литературе имеется достаточно мало данных по применению проволоочной электронно-лучевой аддитивной технологии для производства изделий на основе меди и никелевого сплава с целью дальнейшего осуществления изготовления деталей ракетных двигателей монолитно (без вкладышей), совмещающая жаропрочность никелевого сплава и теплоотвод меди.
- Целью данной работы является получение первичных данных по аддитивному электронно-лучевому производству биметаллических градиентных изделий из меди марки М1 и никелевого сплава Ni80Cr20.

Методика эксперимента

- В работе получены образцы в виде вертикальных стенок из меди и никелевого сплава Ni80Cr20 по стандартной для метода двухпроводочной электронно-лучевой печати схеме:
- (1 - луч, 2 – система фокусировки, 3 - источник, 4 - филамент, 5 – податчик, 6 – подложка, 7 – первые слои меди, смешанные со сталью подложки, 8 – слои меди, 9 – градиентный переход от меди к никелевому сплаву, 10 – зона преимущественно никелевого строения)

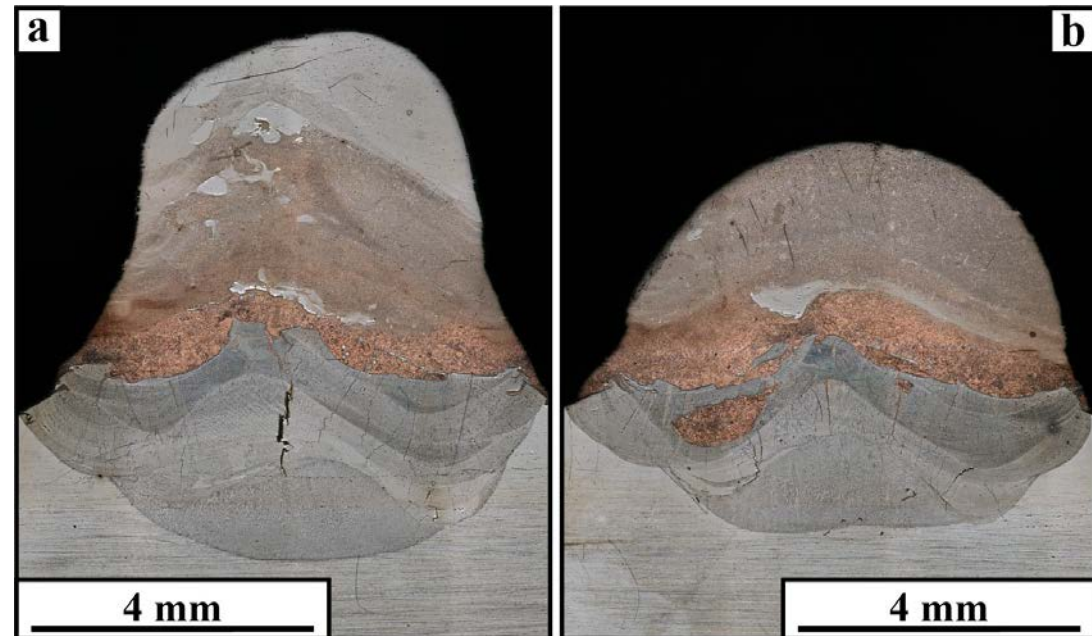


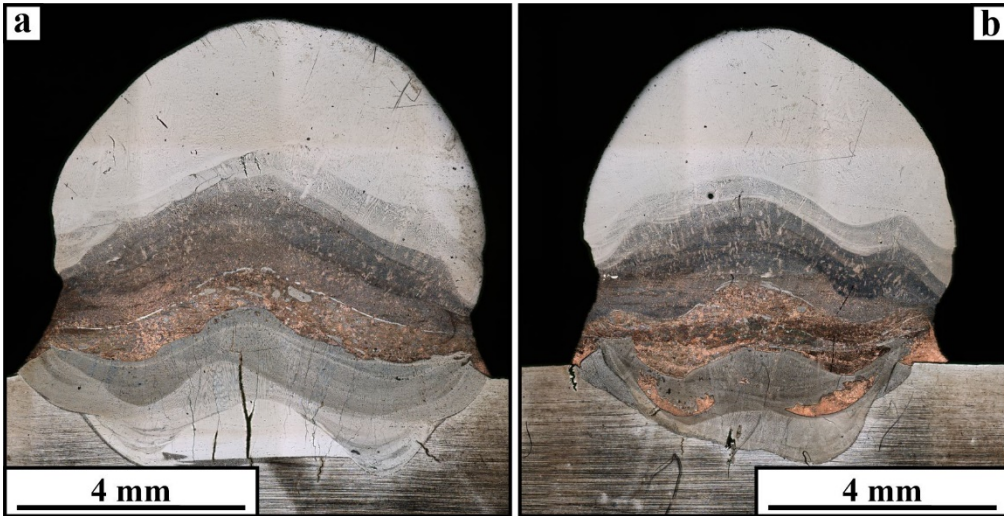
Макроструктура полученных образцов



• В образцах, полученных дополнительно для сравнения образующихся структур при печати, в условиях печати одним филаментом на медной подложке происходит образование высокодефектных структур с низкой степенью сплавления нанесенного материала и подложки (fig. 2, a,b). При нанесении небольшого количества слоёв сплава Ni80Cr20 в нанесенном материале не обнаруживается трещин (fig. 2, a). В образцах, полученных при печати на медной подложке никелевого образца толщиной 10 мм происходит образование высокодефектной структуры с образованием большого количества трещин при остывании материала (fig. 2, b). Образование трещин преимущественно происходит по границам вытянутых столбчатых зерен никелевого сплава при остывании за счет различия в значениях коэффициента линейного расширения.

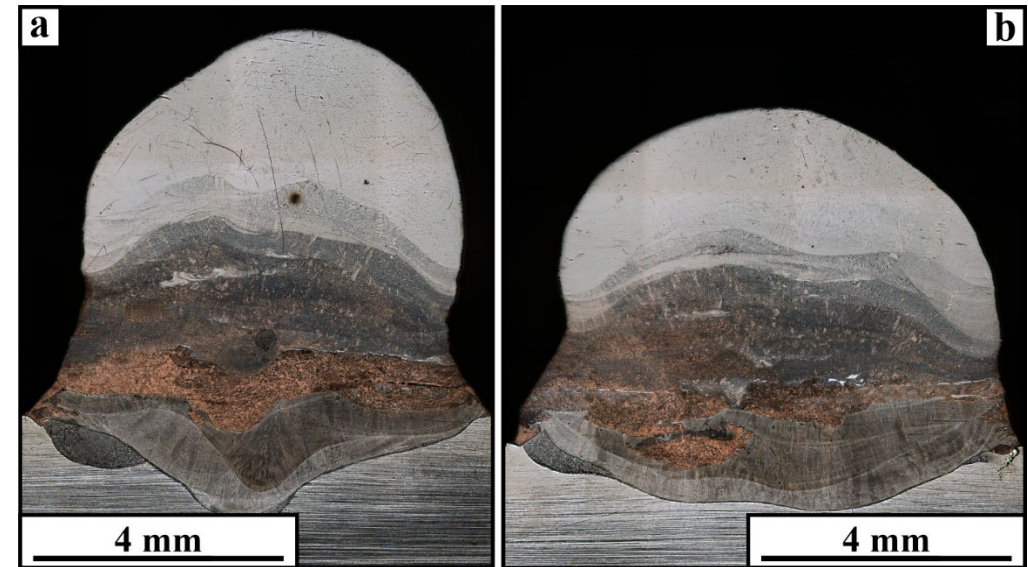
• При печати образцов по режимам #1 и #2 в образцах формировалась структура с плавным изменением от нижней до верхней части. В данном случае при печати имели место неоднородности процесса, в результате чего печать образцов была произведена не до конца верхняя часть образцов с преимущественно никелевой структурой в данном случае практически отсутствует. Но, на данном этапе была отработана технология печати материала с градиентной структурой. В нижней части образцов можно выделить наличие образующихся трещин в стальной подложке. В верхней части образцов в зоне градиента Cu-NiCr можно выделить неоднородности строения с наличием в структуре медной матрицы крупных фрагментов никелевого сплава.





В образцах, полученных по режимам #3 и #4 формирование структуры происходило с увеличением тока пучка, что привело к увеличению растекаемости материала. Строение зоны градиента от подложки - к медной зоне аналогично строению образцов #1 и #2. При этом, растрескивание поверхностного слоя увеличилось и структура в образце #3 представлена большим количеством дефектов.

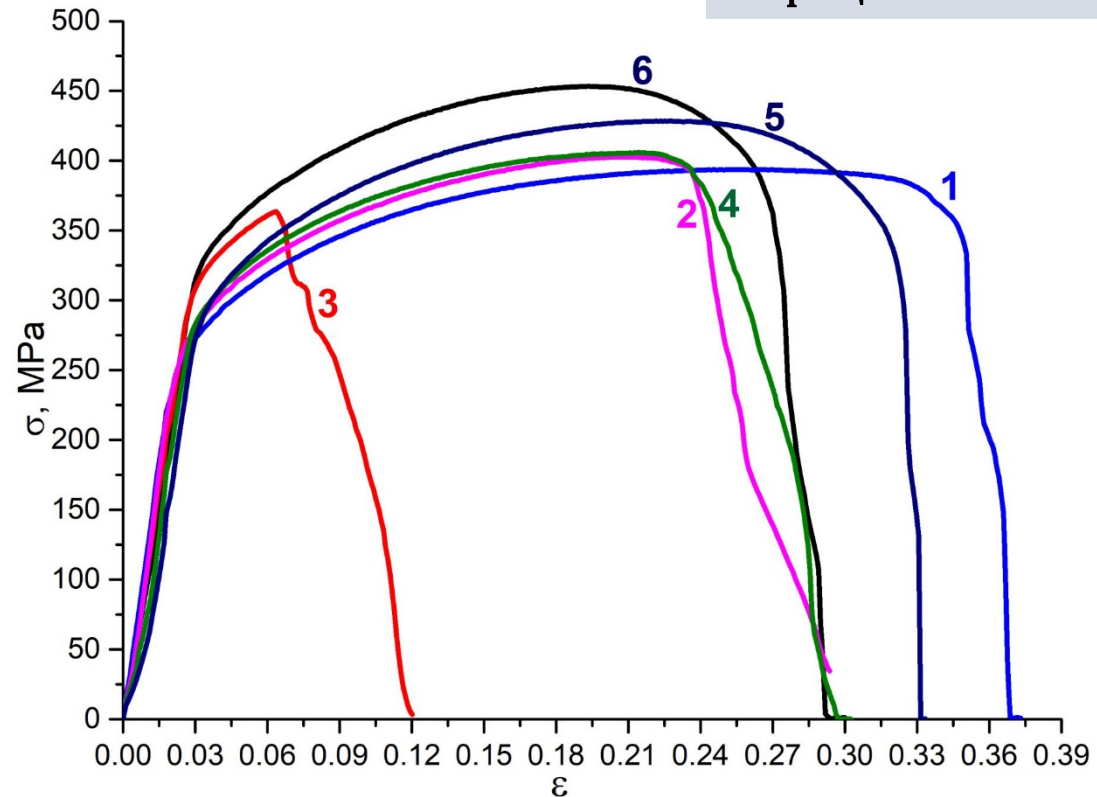
Структура образцов #5 и #6, полученных при наибольших значениях тока пучка, представлена наиболее однородным и бездефектным распределением компонентов. Образец #5 при аналогичном количестве слоев несколько выше образца #6 в виду меньшего значения тока пучка. В структуре градиентной зоны четко выделяется слоистое строение с постепенным увеличением содержания никелевого сплава в медной матрице. В зоне вблизи подложки не наблюдается растрескивания или расслоения, как это отмечено в предыдущих образцах. В верхней области с преимущественно никелевым строением также не отмечается образования трещин, пор или посторонних включений



Механические свойства полученных образцов

Механические свойства градиентной зоны образцов находятся на достаточно высоком уровне. Для образцов, полученных по режимам #1-4 характерны меньшие значения временного сопротивления, что соответствует большей дефектности и неоднородности строения данных образцов. Увеличение тока пучка для образцов #5 и #6 позволило повысить значения предела прочности до наибольших для данной работы значений. При этом, даже для образцов с наличием крупных дефектов (#3) предел прочности градиентной зоны выше, чем у меди марки М1, что также удовлетворяет требованиям для деталей такого типа.

Диаграммы испытания зоны структурного градиента образцов №1-№6 вдоль направления выращивания.



Заключение

Проведенные исследования показывают, что в процессе электронно-лучевого проволочного аддитивного производства биметаллических изделий на основе меди и никелевого сплава Ni80Cr20 происходит образование сложноорганизованной структуры градиентной зоны. Для ряда образцов характерно формирование достаточно крупных дефектов (#3), приводящих к снижению прочности. При этом, даже для дефектных образцов предел прочности в зоне градиента существенно выше, чем прочность аддитивно полученной меди, что не снижает эксплуатационных свойств. Прочностные свойства наиболее бездефектных образцов находятся на уровне 405-445 МПа. В зоне с преимущественно никелевым строением не обнаруживаются крупных дефектов, что характерно для печати никелевым сплавом с растрескиванием образца путем формирования межкристаллитных трещин при остывании.

Контакты

Чумаевский Андрей Валерьевич

Institute of Strength Physics and Materials Science SB RAS, Tomsk, 634055 Russia

E-mail: tch7av@gmail.com

The work was performed according to the Government research assignment for ISPMS SB RAS, project FWRW-2019-0034.

II МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
КРАСНОЯРСК-2021

**CAMSTech-II-2021: Современные
достижения в области материаловедения
и технологий**