

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ СОЗДАНИЯ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ

ЮАНЬ С., М.П.РАГУЛИНА, Б.С.ЗЕНИН
Томский политехнический университет
E-mail: 448614673@qq.com

В основе получения изделий методом аддитивной технологии лежит послойное спекание [1-3]. В общем случае при их формировании можно выделить 2 этапа: 1) формирование отдельных слоев изделия из объема порошка, который определяет характеристики получаемого материала; 2) последовательное припекание отдельных слоев, которое определяет механическую прочность изделия через образование адгезионных связей между слоями. В последнем случае важную роль играет контактная температура на границе наплаваемых слоев. В работе [4] показан пример получения полиметаллических изделий с помощью технологии селективного спекания слоев в режиме однопорошкового и многопорошкового сплавления.

В работе были рассмотрены условия формирования изделия в однопорошковых режимах Cu/Cu, Ti/Ti и Fe/Fe, а также в режиме последовательного нанесения и сплавления слоев из разных порошков, т.е. получение полиметаллического изделия. Расчеты проводили для температуры в контакте двух различно нагретых тел [5]:

$$T_k = \frac{T_s + K_p T_p}{1 + K_p}, \quad K_p = \sqrt{\frac{\lambda_p c_p \rho_p}{\lambda_s c_s \rho_s}}$$

где T_s и T_p – начальные температуры «холодного» и «горячего тела»; K_p – критерий тепловой активности горячего слоя по отношению к холодному слою; ρ_p , ρ_s , λ_p , λ_s , c_p , c_s – плотности и коэффициенты теплопроводности и теплоёмкости соответствующих материалов.

Свойства рассматриваемых материалов представлены в таблице 1, где индекс s соответствует значению характеристике материала при комнатной температуре [6], а индекс p при высокой температуре (температуры плавления) [7].

Таблица 1 - Свойства материалов

	ρ , кг/м ³	λ , Вт/(м·К)	c , Дж/(кг·град)	$T_{пл}$, К
Cu (s)	8933	393	385	
Fe (s)	7870	80	447	
Ti (s)	4500	22,3	531	
Cu (p)	8361	317	525	1357
Fe (p)	7040	35	805	1810
Ti (p)	4260	33	854	1941

Результаты расчетов контактной температуры и критерии тепловой активности на границах одноименных или разноименных слоев показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Контактные температуры и критерии тепловой активности

Контактные слои	K_p	T_k , К
Fe/Ti	3,71	1294,6
Ti/Ti	1,5	1284,6
Cu/Ti	5,1	1183,7
Cu/Fe	2,2	1026,6
Fe/Fe	0,84	989,3
Ti/Fe	0,65	946,5
Cu/Cu	0,99	826
Fe/Cu	0,38	715,8
Ti/Cu	0,3	678,7

На рисунке 1 изображена гистограмма контактной температуры в сочетании с температурами плавления материала «горячего» слоя и критерий тепловой активности.

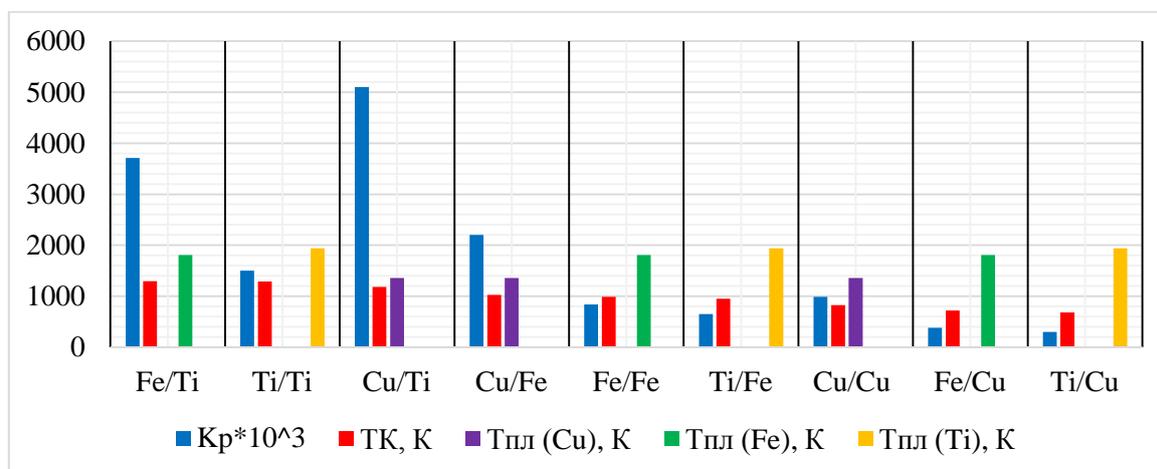


Рисунок 1 – Гистограмма с результатами расчетов

Полученные результаты показывают, что температура на границе наплавляемых слоев в общем случае не зависит от температуры «горячего» слоя, т.е. от температуры плавления материала этого слоя, а в первую очередь определяется соотношением значений теплофизических характеристик материалов взаимодействующих слоев, показателем которого является критерий тепловой активности. Случай, когда в качестве холодного слоя выступает Ti, требует дополнительного анализа. При получении полиметаллических изделий методом селективного спекания слоев в режиме многопорошкового сплавления для обеспечения механической прочности изделия через образование адгезионных связей между слоями необходимо учитывать критерий тепловой активности горячего слоя по отношению к холодному слою.

Список литературы

1. Валетов В.А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://books.ifmo.ru/file/pdf/1832.pdf> – 22.06.18
2. Зленко. М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. – 220 с.
3. Дубиненко Г.Е., Зенин Б.С. Особенности изготовления объемных изделий из различных материалов методом аддитивных технологий // Сборник тезисов докладов V Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Высокие технологии в современной науке и технике». – Томск: STT, 2016.
4. Раевский Е.В. Изготовление полиметаллических деталей с помощью лазерных аддитивных технологий // Аддитивные технологии. – 2017. – №2. – С. 32–36.
5. Алхимов А.П., Клинков С.В., Косарев В.Ф. Температура вблизи контактной границы при высокоскоростном соударении микрочастицы с поверхностью // Физическая мезомеханика 3 1. – 2000. – С. 53–57.
6. Таблицы физических величин / Под ред. акад. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
7. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах: справочник / В. Е. Зиновьев. - Москва: Металлургия, 1989. – 382 с.