

ЛИТЕРАТУРА

1. Многокомпонентные нанокompозитные покрытия с адаптивным поведением в поверхностной инженерии/ Погребняк А.Д. [и др.]// Успехи физических наук. 2017. Том 187, №6. Стр. 629-652.

УДК 621.74.042

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ЛИТЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГЕТЕРОФАЗНОЙ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННОЙ СТАЛИ

С.Н. ЛЕЖНЕВ¹, И.В. ЧУМАНОВ², А.Н. АНИКЕЕВ², Д.В. КУИС³,
П.Л. ЦЫБА⁴, А.С. АРБУЗ⁵, С.Л. КУЗЬМИН¹, В.В. ЧИГИРИНСКИЙ¹

¹Рудненский индустриальный университет,
Рудный, Казахстан

²Южно-Уральский государственный университет,
Челябинск, Россия

³Белорусский государственный технологический университет,
Минск, Беларусь

⁴Карагандинский индустриальный университет,
Темиртау, Казахстан

⁵Назарбаев Университет,
Астана, Казахстан

Развитие такой стратегической отрасли, как военно-космическая отрасль, включающей в себя такое направление производства как применения беспилотной техники, в т.ч. беспилотных летательных, наземных и водных аппаратов, наноспутников, наравне с горно-металлургической и машиностроительной отраслью становится приоритетом для нашей страны. Обеспечение этих отраслей современными материалами с самыми различными функциональными свойствами в настоящее время в большинстве случаев осуществляется из-за рубежа, поскольку отечественные предприятия, работающие в данной отрасли, до сих пор еще руководствуются советской концепцией конструирования материалов. Эта концепция была целесообразна в то время и подразумевала обеспечение необходимых свойств материалов за счет применения дефицитных, дорогостоящих материалов без оглядки на их количество и рыночную стоимость. Современный мир диктует необходимость

менять парадигму мышления и разрабатывать рациональные технологии конструирования материалов, обеспечивающие необходимые свойства только в тех объемах изделия, которые непосредственно подвергаются нагрузкам.

Традиционно, повышение механических свойств черных металлов и сплавов достигается за счет введения в состав металла (основа железо) или сплава значительного количества легирующих элементов. В настоящее время существующих марочных композиций более чем достаточно, чтобы решать большинство текущих задач промышленности. В тоже время, анализ рынка стоимости на легирующие элементы показал, что с каждым годом цены на ферросплавы (легирующие композиции) увеличиваются. Альтернативой использованию дорогостоящих легирующих элементов могут служить гетерофазных дисперсно-армированные стали с невыраженной границей раздела слоев, полученные технологией инжестирования ультрадисперсных частиц в кристаллизующийся расплав с целью получения градиентных механических характеристик. Такие стали являются представителями современных материалов, поскольку в технологии их создания реализуется механизм рационального конструирования и обеспечения необходимыми свойствами только тех объемов, которые подвергаются воздействиям именно теми свойствами, которые требуются от данного объема.

По этой причине весьма актуальной задачей является разработка технологии получения металлов, отвечающих специфическим запросам существующей промышленности и при этом имеющих сравнительно низкую себестоимость.

Существующие технологии получения градиентных материалов можно условно разделить на две большие группы:

1. Материалы основаны на соединении разнородных материалов (пакетирование, прокатка, наплавка, напайка, аддитивные технологии и т.д.) [1]. У таких способов есть существенные недостатки: требуется сложное оборудование, а также наличие переходной зоны между материалами, участки не сваривания, концентрационные неоднородности являющейся концентратором напряжений, являющейся наиболее частой причиной выхода изделия из строя.

2. Материалы, полученные технологией спекания порошков, последовательно набранных в одну пресс-форму изделие и отличающиеся по стехиометрическому составу [2]. Такая технология обеспечивает получения градиента свойств, однако он незначителен, а сама технология очень трудоемка, затратна и главным недостатком технологии является невозможность получения деталей объемом более 15-20 кубических сантиметров - большой размер практически невозможно качественно пропрессовать.

Наиболее перспективным направлением создания материалов с высоким уровнем свойств, по нашему мнению, является микроструктурирование материалов методом инжектирования требуемых по морфологии ультрадисперсных частиц в кристаллизующийся расплав, что дает возможность получать гетерогенные градиентные дисперсно-армированные стали с невыраженной границей раздела слоев. При этом, по нашему мнению, наиболее перспективным методом инжектирования ультрадисперсных частиц в кристаллизующийся расплав является введение частиц при центробежном литье. Особенность сталей, полученных таким способом, состоит в том, что вводимые ультрадисперсные микрочастицы встраиваются в кристаллическую решетку формируемого материала, увеличивая количество центров кристаллизации, что ведет к значительному увеличению механических свойств, увеличивают его удельную плотность (за счет измельчения структуры), обеспечивают более мелкое зерно, что ведет к увеличению коррозионно-стойких свойств, приносят свойства, характерные для вводимых частиц тем объемам материала, где они располагаются. Расположением инжектируемых в расплав в ультрадисперсных частиц можно управлять, что позволяет прогнозировать и задавать различные свойства различным объемам получаемой стали.

Сущность же самого метода инжектирования ультрадисперсных частиц в кристаллизующийся расплав при центробежном литье заключается в следующем: при заливке металлического материала на машину центробежного литья на поток металла непрерывно, в течение всей процедуры разлива, подаются твердые тугоплавкие мелкодисперсные частицы различной плотности. Когда плотность тугоплавкой дисперсной частицы, погруженной в расплав, отличается от плотности самого расплава, сила, действующая на эту частицу, не компенсируется ни ее собственной центробежной силой, ни силой тяжести. Вследствие этого создаются условия для перемещения частиц либо внутрь, либо наружу формирующегося изделия, то есть к внутренней или внешней поверхности заготовки. Как только частица достигает фронта кристаллизации, она прижимается расплавленным металлом к этому фронту и перестает всплывать, будучи захваченной растущими дендритами. В итоге происходит упрочнение поверхности.

Чтобы укрепить наружную поверхность трубной заготовки, используются тугоплавкие дисперсные частицы, чья плотность превышает плотность расплава. В таком случае центробежная сила превосходит силу Архимеда, и частица в расплавленном материале движется от оси вращения к фронту кристаллизации. Она прижимается расплавом к фронту кристаллизации, не всплывает и захватывается растущими

дендритами, что приводит к укреплению наружной поверхности трубной заготовки. Для укрепления внутренней поверхности трубной заготовки применяются тугоплавкие дисперсные частицы, плотность которых меньше плотности расплава. Здесь сила Архимеда доминирует над центробежной силой, и частица в расплаве направляется к оси вращения, всплывая на свободную поверхность расплава и захватываясь растущими дендритами. Это приводит к усилению внутренней поверхности трубной заготовки.

Для одновременного усиления как внешней, так и внутренней поверхностей трубной заготовки используются частицы разной плотности (как большей, так и меньшей, чем плотность расплава), подаваемые в смесь одновременно. После попадания в изложницу, под влиянием центробежных сил и силы Архимеда всплытия, частицы разделяются, обеспечивая одновременное дисперсное упрочнение как внутренней, так и внешней поверхности трубной заготовки (рис. 1).

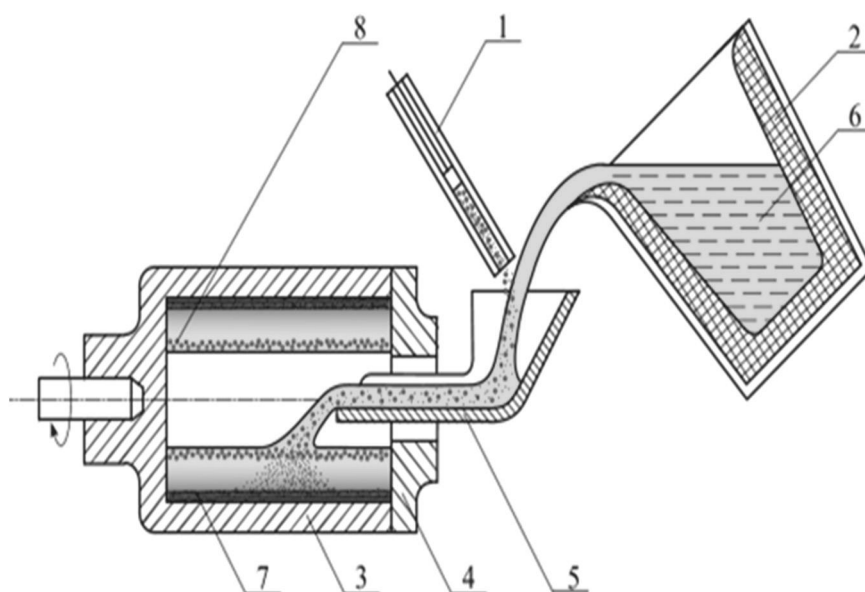


Рис. 1. Способ получения градиентного материала

1 – дозатор; 2 – ковш; 3 – горизонтальная изложница; 4 – крышка изложницы; 5 – сталеразливочный носок; 6 – упрочняемый расплав; 7 – карбиды с удельной плотностью равной или выше плотности металла; 8 – карбиды с удельной плотностью меньшей плотности металла.

На основе выше представленной информации можно сделать вывод, что количество, дисперсность, различная плотность, возможность варьировать скоростью вращения горизонтальной изложницы, а также огромное многообразие твердых тугоплавких мелкодисперсных частиц, и, как следствие, многообразие физико-химических и

механических свойств создают предпосылки для получения новых градиентных материалов.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP23485709).

ЛИТЕРАТУРА

1. Al-Mangour B., Grzesiak D., Yang J.-M. In-situ formation of novel TiC-particle-reinforced 316L stainless steel bulk-form composites by selective laser melting. Journal of Alloys and Compounds. 2017. Vol. 706. P. 409-418.

2. Levy A., Miriyev A., Elliott A., Suresh Babu S., Frage N. Additive manufacturing of complex-shaped graded TiC/steel composites. Materials & Design. 2017. Vol.118, P. 198-203.

УДК 678.8

ПРИМЕНЕНИЕ АУКСЕТИКОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КРЫЛА С ИЗМЕНЯЕМОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

А.Г. ЛЮБИМОВ, Н.Р. ПРОКОПЧУК, В.О. ГОВОРОВСКИЙ
Белорусский государственный технологический университет
ЗАО «Беспилотные летательные аппараты»
Минск, Беларусь

Крыло является основным несущим элементом беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Оно выполняет сразу несколько критически важных функций: создаёт подъёмную силу, определяет аэродинамическое качество, обеспечивает устойчивость в полёте, а также служит конструктивной платформой для размещения оборудования. Традиционные крылья проектируются под определённый режим полёта (чаще всего крейсерский), что обеспечивает оптимальные характеристики только в узком диапазоне условий.

При изменении скорости или угла атаки эффективность таких крыльев снижается: растёт аэродинамическое сопротивление, ухудшается манёвренность и падает устойчивость. Для частичной компенсации этих ограничений используются механизированные поверхности – закрылки, предкрылки, элероны. Однако они вносят дополнительные