

Перспективные материалы для создания теплонагруженных деталей двигателей

Студенты Бердникович П.А., Бельский А. А.
Научный руководитель – Пацеко Е. К.
Белорусский национальный технический университет
г.Минск

Создатели техники всегда стремились, чтобы новые изделия по эффективности и качеству превосходили известные.

Развитие многих областей современной техники связано с применением высокопрочных материалов. Перед наукой стоит проблема сделать высокопрочные материалы столь же надежными и недорогими, как рядовые металлы.

Производство и потребление сверхтвердых материалов, к которым относят многие твердые сплавы, карбиды, бориды, технические алмазы и другие, в значительной мере характеризуют промышленный потенциал этой отрасли. Однако эти материалы настолько хрупки и тверды, что не поддаются обработке традиционными методами.

Из-за перехода авиации на реактивные двигатели появилась дополнительная мотивация создания материалов, выдерживающих механические нагрузки при высоких температурах. Резервы высокотемпературной прочности сплавов на основе никеля, железа, алюминия и других металлов ограничены и фактически исчерпаны. Это связано с тем, что температура эксплуатации многих деталей двигателей достигла 1200 °С и приблизилась к температурам плавления сплавов. Так, верхний предел рабочих температур рядовых сталей не превышает 770 °С, сплавов никеля и кобальта – 1100 °С и т. д. До недавнего времени низкие значения высокотемпературной прочности сталей были барьером для дальнейшего развития двигателестроения, поскольку эксплуатационные характеристики двигателей прямо зависят от температуры газов в турбине.

Космонавтика, ракетная техника, авиастроение, ядерная энергетика, химическое машиностроение, автотранспорт, судостроение, электроника и многие другие отрасли промышленности ползали развитие в основном благодаря использованию различных углеродных материалов. Эти материалы обладают высокой прочностью, жаростойкостью, жаропрочностью, термостойкостью (хорошим сопротивлением распространению трещин), регулируемые в широких пределах показателями плотности, тепло- и электропроводностью, специальными оптическими и магнитными характеристиками и так далее. Однако эпоха научно-технической революции предъявляет не только исключительно высокие, но и быстро растущие требования к материалам для новой техники, характеризуется невиданными ранее темпами создания всё новых и новых прогрессивных материалов с самыми разнообразными свойствами.

Новые углеродные материалы с комплексом необходимых характеристик можно получить в большинстве случаев лишь на основе композиций (композиционные материалы – КМ), в которых собраны воедино лучшие качества различных его составляющих (наполнителя и связующего).

В широком смысле «композиционный материал» включает в себя любой материал с гетерогенной структурой. Наука о композиционных материалах зародилась совсем недавно. Первым примером научного подхода к созданию искусственных КМ можно считать появление железобетона и стеклопластиков.

За счет выбора композитов, их количественного соотношения, размеров, формы ориентации и прочности соединения друг с другом физико-механические свойства КМ можно регулировать в самых широких пределах. К наиболее перспективным современным материалам, используемым в качестве наполнителя в КМ относятся углеродные волокнистые материалы, которые в научной литературе уже на ранних этапах их разработки называли материалами будущего. [1]

Применение современных углеродсодержащих КМ в различных отраслях техники позволило резко снизить массу самолётов, ракет, автомобилей, судов, повысить их дальность действия, увеличить мощность двигателей, создать новые конструкции, работоспособность которых значительно возросла.

В настоящее время проблема дальнейшего развития двигателей решена путем переработки металлов в гранулы методом высокоскоростной кристаллизации и последующего пресования гранул в изделия. Высокоскоростная кристаллизация происходит в результате быстрого охлаждения расплава, приводящего к образованию микрокристаллов исключительно малых размеров или даже аморфных материалов. При высоких температурах прочность мелкокристаллических и аморфных сплавов в 1,5 раза выше, чем сплавов, полученных по традиционной технологии.

Стремление повышения комплекса механических свойств и рабочих температур сплавов привело к созданию новой технологии изготовления полуфабрикатов из жаропрочных сплавов на никелевой основе – металлургии гранул, сочетающей затвердевание расплава с высокой скоростью охлаждения 10^3 – 10^5 К/с в виде быстрозакаленных микрослитков-гранул и их последующую консолидацию (горячим изостатическим прессованием) с достижением плотной, беспористой структуры изделий.

Металлургия гранул (ПМ ГИП-технология) не только позволяет решить проблему получения жаропрочных сплавов с высоким содержанием легирующих элементов, но и обладает благодаря методам формирования точных заготовок, близких по конфигурации к готовому изделию, большими возможностями по снижению их стоимости и расходов исходных шихтовых материалов.

Металлургия гранул, или металлургия быстрозакаленных порошков, полученных из расплава методами высокоскоростной кристаллизации, имеет значительные преимущества по сравнению с другими методами:

- При кристаллизации металла с высокими скоростями в виде мельчайших частиц может быть предотвращено образование некоторых литейных дефектов, к которым относятся: поры, раковины, грубая дендритная, а также местная и зональная ликвация, выделение крупных частиц интерметаллических соединений. На этой основе разработаны сплавы, которые не могут быть получены методами литья и деформации слитков.

- Дисперсная, совершенная структура гранул обеспечивает возможность получения изделий методом горячего изостатического прессования без традиционной деформации с комплексом свойств не хуже деформированного металла.

- Подвижная, легко уплотняемая масса сферических гранул позволяет получать полуфабрикаты и изделия, которые нельзя изготовить обычными методами литья и деформации; изделия сложной формы, с внутренними полостями, каналами; изделия переменного химического состава с заданным градиентом изменения содержания компонентов, комбинированные изделия, сочетающие литые, деформированные и порошковые элементы.

- Наряду с получением изделий практически с 100 %-ной плотностью возможно изготовление разнообразных пористых изделий.

- Схема получения мельчайших гранул предотвращает образование достаточно крупных включений высокой и низкой плотности, представляющих острейшую проблему технологии получения макрослитка.

- При реализации наиболее оптимальной технологии распыления – непосредственного распыления больших масс расплава – для многих видов изделий и сплавов метод металлургии гранул может оказаться наиболее экономичным.

Применение этой технологии обеспечивает уникальную возможность конструирования материала с учетом геометрии изделия, условий его использования. [2]

Список использованных источников

1. Комарова Т. В. Получение углеродных материалов: учеб. пособие / РХТУ им. Д. И. Менделеева. – М., 2001. – 95 с.

Все о металлургии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metal-archive.ru/>. Дата доступа: 14.10.2021.