

НАНОСТРУКТУРНЫЕ МЕХАНИЧЕСКИ ЛЕГИРОВАННЫЕ ДИСПЕРСНО-УПРОЧНЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Проф. д.т.н., Ф. Г. Ловшенко

ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» (Могилев)

Проф. д.т.н., Г.Ф.Ловшенко

Белорусский национальный технический университет (Минск)

Для производства наноструктурных дисперсно-упрочненных металлических материалов перспективной является технология, основанная на реакционном механическом легировании, заключающемся в обработке в энергонапряженной мельнице-механореакторе смеси порошков матричного металла и элементов, взаимодействующих с основой или между собой с образованием упрочняющих фаз.

Основными этапами данной технологии являются: выбор легирующих компонентов; обработка шихты в механореакторе; холодное прессование композиции; термическая обработка брикетов; экструзия – получение полуфабрикатов; отжиг полуфабрикатов.

При оптимальной реализации технологии материалы характеризуются следующим строением: основа – металл или сплав; размер зерен основы – 0,1-1,0 мкм; упрочняющие фазы – термодинамически стабильные оксиды, карбиды, нитриды, бориды и др. размером 0,01-0,1 мкм; объемное содержание упрочняющих фаз – 1-10 %. Материалы имеют суб-/микроструктурное строение основы и относятся к наноструктурным, вследствие наличия наноразмерных фаз. Температура рекристаллизации механически легированных материалов находится выше $0,75T_{пл}$ основы.

Достоинством технологии являются: простота, универсальность, экологическая безопасность; применение стандартных порошков; высокая воспроизводимость результатов; малая концентрация легирующих компонентов; формирование упрочняющих фаз в процессе получения материала; реализация технологии в промышленных масштабах.

Изучение теоретические и технологические аспекты получения материалов, позволили разработать теорию и технологию их производства. Созданы высокопрочные материалы на основе основных конструкционных металлов:

- **алюминиевые материалы:** высокопрочные (Al-Mg-N-O-C, Al-Mg-Mo-O-C, Al-Mg-Zr-O-C, Al-Mo-O-C, Al-Zr-O-C); низкой плотности (Al-Mg-Li-O-C); с низким коэффициентом теплового расширения (Al-Si-Ni-O-C); с большим значением эффективного сечения захвата тепловых нейтронов (Al-B-O-C); с высокими значениями электро- и теплопроводности (Al-Mg-O-C); антифрикционные (Al-Pb-O-C, Al-Pb-Me-O-C) и др.;

- **медные материалы:** электротехнического назначения ($\rho = (2,30-2,40) \cdot 10^{-8}$ Ом·м, температура рекристаллизации 750-850 °С); конструкционные (твердость HB 200-270, $\sigma_B = 850-1050$ МПа);

- **железные материалы** различного функционального назначения по характеристикам прочности и жаропрочности превосходящие классические литые стали;

- **никелевые материалы** по прочности как при комнатной, так и при температурах, достигающих 1000 °С, превосходящие аналоги в 1,3–1,7 раза;

- технология позволяет получать дисперсно-упрочненные порошки без ограничения по составу, сохраняющие свою структуру и свойства после кратковременного нагрева до температур, превышающих температуру плавления, что делает ее перспективной для производства **порошков для напыления и наплавки жаропрочных покрытий.**

- с применением сочетания технологий реакционного механического легирования и литья предложен способ получения литых хромовых и хромовоциркониевых бронз, по свойствам не уступающих традиционным, получаемых литьем, но легирование материалов занимает минуты в отличие, когда процесс занимает часы, кроме этого на 100-150° перенагрев жидкой меди меньше, что существенно снижает энергозатраты.

Спроектировано и изготовлено специальный инструмент и механореакторы и создано производство механически легированных дисперсно-упрочненных жаропрочных материалов и высокостойких изделий из них производственной мощностью более 100 тонн/год.