

**ВАКУУМНЫЕ ЭЛЕКТРОПЕЧИ***БНТУ, г. Минск**Научный руководитель: преподаватель Суша Ю. И.*

Вакуумные электропечи получили широкое распространение в связи с возникновением таких отраслей промышленности, как атомная, ракетная и пр. Вакуумная плавка металлов и сплавов в печах позволяет значительно снизить содержание газов и количество неметаллических включений, обеспечить высокую однородность и плотность слитка за счет направленной кристаллизации жидкого металла, значительно улучшить физико-механические свойства металла.

По принципу устройства и назначения вакуумные электропечи делятся на следующие типы: дуговые, индукционные, электроннолучевые и печи сопротивления.

Вакуумные дуговые печи используются для выплавки качественных сталей, легированных, конструкционных, электротехнических, шарикоподшипниковых, жаропрочных сплавов, тугоплавких и высокорреакционных металлов.

Вакуумные индукционные печи применяются для плавки и разливки различных металлов и сплавов, причем наибольшее распространение получили плавильные печи с наклоняемым тиглем внутри стационарного кожуха. Принцип работы печей заключается в том, что в огнеупорном тигле, установленном в вакуумной камере, при помощи высокочастотного индуктора расплавляют твердую шихту (отходы специальной заготовки, чистые металлы и ферросплавы) и рафинируют жидкий металл; печи могут работать и на жидкой садке. В последние годы ведутся интенсивные разработки по созданию промышленной вакуумной плазменно-индукционной печи. Применение плазмотрона ускоряет процесс расплавления шихты и позволяет более рационально организовать его, так как появляется возможность под-

держания постоянной мощности печи, не зависящей от габаритов и плотности укладки шихтовых материалов.

Электронно-лучевые печи применяются для получения особо чистых металлов. В печах этого типа нагрев осуществляется благодаря бомбардировке поверхности нагреваемого предмета быстро движущимися электронами. Так как создать направленный поток электронов и сообщить ему достаточную энергию можно только в условиях высокого вакуума, в электронно-лучевых печах поддерживается давление порядка  $10^{-3} \div 10^{-4}$  Па. Основным элементом печи является нагревательный элемент или пушка, снабженная электромагнитным фокусирующим устройством и системой развертки луча, что позволяет получить пятно диаметром 5-10 мм на расстоянии 1,5–2 м от катода и перемещать его по поверхности слитка. Следует отметить, что электронно-лучевые печи используются не только для плавки, но и для различных процессов, связанных с нагревом материалов, например, при выращивании и зонной очистке монокристаллов, термической обработке ленточных и проволочных материалов, испарение металлов с целью нанесения покрытий, для сварки, литья и т.д.

Вакуумные электропечи сопротивления являются наиболее универсальными, так как имеют много областей применения, например, их используют для нагрева длинномерных изделий, больших и тяжелых садов, деталей в подвешенном состоянии для предохранения их от деформации, для отжига трансформаторной стали и пр. Принцип устройства печей заключается в наличии герметичной, теплоизолированной камеры, внутри которой расположены нагревательные элементы, выделяющие тепло за счет протекания по ним электрического тока. Печи откачиваются диффузионными насосами, обеспечивающими остаточное давления менее  $10^{-7}$  Па. По типу вакуумные электропечи сопротивления делятся на садочные и методические. В садочных электропечах садка остается неподвижной в течение всего времени нагрева и в них нельзя произвести оче-

редную загрузку, предварительно не разгрузив печь. Эти печи отличаются относительно низкой производительностью. Наибольшее распространение получили такие садочные вакуумные электропечи, как камерные, шахтные, колпаковые, элеваторные. Высокопроизводительные методические вакуумные электропечи включают в себя загрузочную и разгрузочную шлюзовые камеры, камеры нагрева и охлаждения, систему устройств для перемещения садки в печи и откачную систему.

Электрическая печь сопротивления, электрическая печь, в которой тепло выделяется в результате прохождения тока через проводники с активным сопротивлением. Электрические печи сопротивления широко применяются при термической обработке, для нагрева перед обработкой давлением, для сушки и плавления материалов. Распространение электрических печей сопротивления определяется их достоинствами: возможностью получения в печной камере любых температур до 3000°C; возможностью равномерного нагрева изделий путём соответствующего размещения нагревателей по стенкам печной камеры или применением принудительной циркуляции печной атмосферы; лёгкостью автоматического управления мощностью, а следовательно, и температурным режимом печи; удобством механизации и автоматизации печей, что облегчает работу персонала и включение печей в автоматические линии; хорошей герметизацией и проведением нагрева в вакууме, защитной (от окисления) газовой среде или специальной атмосфере для химико-термической обработки (цементация, азотирование); компактностью и пр.