

гии проявляются при упрочнении тонких стекол, стеклоизделий сложной конфигурации, в том числе полых и переменной толщины. Особые технические трудности не возникают при упрочнении как очень мелких, так и очень крупных изделий. Существенно и то, что ионообменный метод позволяет создавать остаточные сжимающие напряжения при температурах ниже T_g . Это исключает вязкую деформацию стеклоизделий.

Несмотря на эти очевидные преимущества, масштабы использования ионообменного метода все еще уступают масштабам использования закалки. Две причины можно выделить: влияние состава стекла на степень упрочнения и высокая чувствительность упрочненного стекла к абразивным воздействиям

Листовые стекла, благодаря хорошим варочным и выработочным свойствам, а также низкой стоимости, получили исключительно широкое распространение - более 90% стекла, производимого в мире, относится к стеклу этого класса. Если же говорить о конкретном методе упрочнения, то закалка является самым распространенным методом упрочнения стекла, где его техническая целесообразность и экономическая эффективность становятся несомненным.

УДК 658.5.012.1

Макаревич В. И., Виноградов И. А.

АДДИТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Вегера И. И.

На выходе аддитивного производства может получиться законченное изделие, либо оснастка или же деталь, требующая термообработки, финишной обработки или сборки. Аддитивное производство включает в себя следующие технологии: технология спекания порошка; экструзионная технология; технология литья уретана; технология впрыска связующего; технология листового наслоения; технология фотополимери-

зации в ванне и технология синтеза с локальным подводом энергии. Ниже подробно рассмотрим данные технологии:

- в технологии спекания порошка расходными материалами могут быть как пластик, так и металл. Здесь используется лазер, спекающий заданную форму в заранее нанесенном слое порошка. Технология применяется для изготовления функциональных узлов и деталей со сложной геометрией.

- в экструзионной технологии нить, обычно из термопластика, подается в печатную головку, где нагревается до полужидкого состояния и затем выдавливается слой за слоем через специальное сопло, мгновенно твердеет.

- литье уретана – это технология, в которой жидкий силиконовый каучук заливается вокруг мастер-модели, получаемая таким образом литейная форма снимается с мастер-образца и отвердевает, после чего применяется для литья уретановых деталей.

- при листовом наслоении листы бумаги, пластика или металла скрепляются вместе с помощью клея, термической сварки или крепежа (болтов или заклепок).

- фотополимеризация в ванне – процесс, при котором предварительно осажденный фотополимер селективно облучается ультрафиолетовым лазером. Под его воздействием соседние полимерные цепи зацепляются друг за друга. Технология применяется в медицине.

- синтез с локальным подводом энергии – это когда осаждаемый материал плавится тепловой энергией непосредственно в точке синтеза. Применяются проволока или порошковые материалы, которые расплавляются под действием лазера или пучка электронов. Данный процесс эффективен при наплавке или при ремонте уже готовых деталей.

Преимущества аддитивного производства. Основное преимущество аддитивного производства: 1) при изготовлении ряда деталей можно избавиться от некоторых технологических процессов; 2) можно изготовить деталь целиком, чтобы отпала необходимость в сборке; 3) 3D печать позволяет изгото-

тавливать очень точные детали со сложной геометрией и сложными проходными сечениями; 4) технологии аддитивного производства имеет смысл применять, если некая редкая деталь нужна где-то далеко.

Недостатки аддитивного производства. Данные рассмотренные технологии аддитивного производства имеют немало достоинств, есть и недостатки: 1) очень высокая стоимость промышленных принтеров; 2) производителей таких установок мало; 3) расходные материалы дорогие, а возможности их повторного использования в производственном процессе ограничены; 4) рабочие допуски для продукции аддитивного производства меньше, чем для заготовок, подлежащих механической обработке.

УДК 621.785.5

Маньковский Д. С., Воробьёв Д. Д.

ВАКУУМНАЯ ОБРАБОТКА СТАЛИ

БНТУ, г. Минск

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент Латушкина С. Д.

Одним из основных способов вакуумной обработки сталей является: вакуумная обработка жидкой стали в ковше (рисунк 1). Данный способ является наиболее простым и дешевым, что способствовало широкому его распространению. В этом способе ковш с жидкой сталью помещается в вакуумную камеру, в которой при помощи вакуумных насосов (обычно парожеткторного типа) создается разрежение $13,33-1999,83 \text{ н/м}^2$ или Па (0,1-15 мм рт. ст.). Во время выдержки длительность которой (5-25 мин) зависит от количества и состава вакуумированной стали, происходит выделение газов (H_2 , CO, CO_2 , H_2).

На крышке камеры обычно имеется устройство для введения в металл раскисляющих и легирующих добавок, которые добавляются после дегазации. По окончании вакуумирования открывают камеру, извлекают ковш и разливают сталь обычным способом на воздухе.