Расчет индикаторной работы компрессора и потерь работы ВКМ связанных с недосжатием пара хладагента

Потеря работы компрессора из-за процесса натекания в случае, когда давление внутреннего сжатия Ра меньше давления нагнетания Рн, определялась как разница площади индикаторной диаграммы с учетом и без учета натекания из окна нагнетания. Наиболее эффективным является регулятор производительности винтового компрессора, состоящий из золотника и двух поворотных заслонок, причем поворот заслонок происходит независимо от перемещения золотника. На основании расчетного исследования величина индикаторного КПД компрессора увеличивается на 40%

УДК 666.11.01

Логвинов Р. Д.

МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА

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

Прочность стекла определяется поверхностными дефектами. Существуют два принципиально различных способа борьбы с ними – повышение качества поверхности и создание в поверхностном слое остаточных сжимающих напряжений. Следует четко отличать упрочнение стекла от упрочнения стеклоизделия. Упрочненное в процессе выработки стекло в дальнейшем подвергается резке, обработке края, моллированию и другим технологическим операциям, снижающим прочность изготовленных из него изделий.

Механическая прочность листовых стекол зависит от многих факторов. Строгое постоянство состава расплава, поддержание оптимального распределения температуры во всей печи, четкое функционирование каждого из используемых формующих агрегатов - основа получения стекла со стабильными механическими параметрами. Прочность стекла, при произ-

водстве которого были приняты специальные меры, исключающие возможность контакта с твердыми телами, составляет 1000–3000 МПа, тогда как стекло, полученное в заводских условиях, имеет прочность на порядок меньше.

Рассмотрим основные методы упрочнения изделий из стекла.

1. Повышение качества поверхности. Сущность метода сводится к уменьшению количества и глубины поверхностных микротрещин или увеличению радиуса кривизны их вершин. Повышение прочности, достигаемое путем уменьшения размеров трещины, физически не ограничено.

1.1. Механическая полировка. Механически полированное стекло (МПС), полученное путем шлифования и полирования, имеет прочность 50–150 МПа. Верхний уровень определяют визуально невидимые дефекты, находящиеся под полированной поверхностью. При правильной организации процесса шлифовки-полировки прочность повышается до 200–400 МПа. Для этого технологические параметры шлифовки должны быть такими, чтобы нижняя граница дефектного слоя, создающаяся данной фракцией абразива, не превышала дефектного слоя предыдущей фракции.

1.2. Огневая полировка. Воздействие коротким высокотемпературным пламенем, при котором поверхностные неровности сглаживаются под действием сил поверхностного натяжения, приводит к повышению прочности МПС до 100-250 МПа. Несколько большую прочность имеют стекла, подвергаемые огневой полировке в процессе выработки.

1.1.3. Химическая полировка

При травлении в водных растворах фтористоводородной кислоты (HF) прочность стекла повышается до 2000-5000 МПа. Механизм упрочнения стекла по Проктору заключается в увеличении радиуса закругления вершины трещины, что приводит к уменьшению локального напряжения.

Толщина стравленного слоя, приводящая к наибольшему повышению прочности, зависит от дефектности поверхности

и может изменяться от 5 до 500 мкм. При этом процесс “удаления” поверхностных дефектов сопровождается процессом “вывода” на поверхность внутренних дефектов.

Основным недостатком стекол, упрочненных путем повышения качества поверхности, является механическая, термическая и химическая повреждаемость. Прочность химически полированного стекла снижается более чем на порядок даже при слабом соприкосновении с такими предметами как бумага, дерево. Травление в HF сопровождается ухудшением оптических свойств, что исключает (или резко лимитирует) его использование для упрочнения изделий прецизионной оптики.

2. Создание остаточных сжимающих напряжений. Поверхностное сжимающее напряжение искусственно снижает приложенное к телу внешнее растягивающее напряжение, обеспечивая тем самым повышение прочности на величину сжимающего напряжения.

Существует три способа создания сжимающих напряжений: изменение термического коэффициента линейного расширения (ТКЛР) поверхностного слоя, закалка и ионообменная обработка. В отличие от метода повышения качества поверхности в данном случае концентрация и размеры поверхностных дефектов, как правило, возрастают.

2.1. Изменение ТКЛР поверхностного слоя. Если ТКЛР поверхностного слоя стекла при высокой температуре снизить на некоторую величину относительно остальной части, то в этом слое на стадии охлаждения возникают сжимающие напряжения.

2.2. Закалка. При быстром охлаждении размягченного стекла сначала затвердевают наружные слои, в то время как во внутренних слоях сохраняется высокая температура. Поверхностные холодные слои препятствуют свободному сокращению внутренних участков и при дальнейшем охлаждении наружные слои сжимаются, а внутренние растягиваются. “Замораживание” вязкотекучих деформаций сопровождается возникновением структурного градиента; менее плотная

структура фиксируется в наружных слоях. Этот метод известен также как термическое или физическое упрочнение.

С увеличением интенсивности охлаждения Q и толщины стекла H, образующиеся в нем сжимающие напряжения возрастают.

Преимущества закаливания в жидких средах перед воздушной заключаются в возможности более широкого регулирования интенсивности охлаждения, что важно при упрочнении стекол тонких номиналов и с низким ТКЛР. Но оно связано и с большими технологическими трудностями, обусловленными временными термоупругими напряжениями. Эти напряжения способствуют образованию посечек на торцах стеклоизделия и его разрушению, снижая выход годной продукции. Определенные сложности возникают при закалке крупногабаритных изделий и изделий с острыми углами вследствие неодновременного погружения различных по высоте участков в закалочную жидкость. Возникающие при этом перепады температур могут привести к разрушению изделия и изменению степени его закалки по высоте. Достаточно сложным остается вопрос стабилизации процесса охлаждения - переход от пленочного режима кипения к пузырьковому сопровождается значительными колебаниями интенсивности охлаждения.

2.3. Ионообменное упрочнение. Суть метода сводится к замене в поверхностном слое стекла щелочного иона меньшего радиуса на более крупный щелочной ион из внешнего источника при температуре ниже Tg. В научной литературе он известен также под названиями низкотемпературного ионного обмена, ионной набивки и химической закалки.

Высокие сжимающие напряжения, образующиеся в стекле при его обработке в расплаве KNO_3, обеспечивают более высокое приращение прочности по сравнению с закалкой, а небольшие растягивающие напряжения в центральной зоне - исключают его саморазрушение при хранении, царапании, резании, сверлении. Неоспоримые преимущества ионообменной техноло-

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 Tg. 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-