# Руководство по основам стеклодувного дела.

### М. М. Голь

### Предисловие.

Мощное развитие химической промышленности, бурный рост научно-исследовательских работ с каждым годом увеличивают армию работников химических и физических лабораторий, расширяют круг научных сотрудников, студентов и техников, которые в своих исследованиях используют стеклянные приборы, аппараты, изделия и детали, изготовленные стеклодувным путем.

При выполнении лабораторной работы постоянно может возникнуть необходимость срочного выполнения простейших стеклодувных операций, таких, например, как оплавление конца трубки, спаивание одной трубки с другой, изгибание детали, запаивание трубки и т. д. Иногда приходится проводить небольшой ремонт прибора или его усовершенствование, замену отдельных частей или изготовление нужной детали. Вынужденное обращение в таких случаях к квалифицированным специалистам-стеклодувам, всегда перегруженным текущей работой, является серьезным тормозом на пути выполнения задания.

Стремление многочисленных групп лабораторных работников к самостоятельному освоению основ стеклодувного дела тормозится отсутствием пособий по этому вопросу.

Вышедшая в свет в 1952 г. ценная книга С. Ф. Веселовского «Стеклодувное дело» (Изд. АН СССР) рассчитана на подготовку стеклодувов высокой квалификации и является в настоящее время библиографической редкостью.

Цель руководства — оказать желающим практическую помощь в приобретении навыков и опыта по самостоятельному выполнению стеклодувных работ.

Автор поставил себе задачу дать в популярном изложении практическое руководство по основам стеклодувного дела, не рассматривая способов изготовления сложных приборов и установок.

Книга содержит шесть глав. В первой главе приводятся краткие сведения о стекле, его свойствах и технологии; во второй — рассматриваются оборудование и инструменты, необходимые при выполнении стеклодувных работ; остальные главы содержат описания приемов, способов проведения простейших операций и изготовления многочисленных стеклодувных изделий.

В заключение хочется привести слова академика А. Е. Арбузова, блестяще овладевшего самостоятельно всеми видами стеклодувных работ: «Главное условие успеха в овладении стеклодувным искусством заключается в правиле, что никогда не следует переходить к работам более сложным, не овладев в достаточной мере простейшими».

Выражаю глубокую признательность профессору К. С. Евстропьеву за ценные указания по подбору и расположению материалов, а также особую благодарность профессору Х.Х. Гильденгершель и мастеру стеклодувного дела М. Ф. Пупышеву, взявшим на себя труд просмотра и рецензирования рукописи.

### Глава 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О СТЕКЛЕ

Стекло — широко распространенный материал, применяемый во всех отраслях народного хозяйства. Различные условия эксплуатации стеклянных изделий, приборов и деталей объясняют разнообразные требования к стеклу как материалу. В настоящее время известно большое количество разнообразных сортов и марок стекла.

Все стеклодувные операции по изготовлению, ремонту, переделке, совершенствованию всевозможного лабораторного оборудования, химических, физических приборов, аппаратуры, отдельных изделий и узлов из силикатного стекла выполняются из стеклянных трубок (стеклодрот) путем обработки их на стеклодувной горелке.

Трубки из стекла особых составов (химико-лабораторные), различных диаметров, толщины стенок и длины являются основными полуфабрикатами для проведения всевозможных стеклодувных работ.

Освоение стеклодувного дела, правильное обращение со стеклянными деталями, изделиями и полуфабрикатами возможно только при знании природы стекла, его особенностей и основных физико-химических характеристик. В данной главе кратко излагаются основные свойства стекла вообще и в особенности химико-лабораторного.

Стекло представляет собой затвердевший раствор окисла кремния (кремнезема) с другими окислами.

Свойства стекла зависят от его состава, температуры, давления и времени обработки.

Получение определенных свойств достигается, главным образом, изменением и подбором состава, т. е. регулированием количества исходных сырьевых материалов, из которых «варится» стекло.

Для стеклодувных работ пригодны лишь стеклянные трубки, изготовленные из химиколабораторного стекла и отвечающие определенным требованиям. Назовем важнейшие из них:

- 1) стекло должно прочно спаиваться со стеклом такого же состава без образования утолщений (толстые швы);
- 2) необходимо, чтобы стекло после разогревания сохраняло определенное время свою пластичность (не должно быть «коротким») для выполнения процессов формования:
  - 3) при нагревании и охлаждении стекло не должно растрескиваться;
- 4) стекло не должно матироваться (мутнеть) и кристаллизоваться, т. е. не терять своей прозрачности во время обработки на горелке;
- 5) нельзя, чтобы стекло слишком быстро размягчалось и имело излишнюю текучесть, так как это мешает возможности придать размягченному стеклу необходимую форму.

Разумеется, что в каждом конкретном случае, тип (марка) стекла должен отвечать характеру его эксплуатации.

Стекло должно быть прозрачным, обладать достаточной химической устойчивостью (способность противостоять различным агрессивным воздействиям), термической устойчивостью (способность выдерживать без разрушения перепады температуры), механической прочностью и т. д.

Основные требования к химико-лабораторному стеклу и изделиям из него приводятся в действующих в Советском Союзе ГОСТах:

- а) ГОСТ 9111—59 стекло химико-лабораторное;
- 6) ГОСТ 10394—63 стаканы и колбы стеклянные лабораторные;
- в) ГОСТ 7330—55 методы определения термической устойчивости.

Приборы и аппараты из стекла, изготовляемые в заводских условиях, выпускаются также по соответствующим ГОСТам.

По химической и термической устойчивости химико-лабораторное стекло подразделяется на четыре класса (табл. 1).

Таблица 1. Показатели химической и термической устойчивости химико-лабораторных стекол

Наименование	Класс	Максимальные п кипяче	Термо- стой-				
стекла		в дистил- лированной воде	в 1 н. раство- ре H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	в 2 н. раство- ре NaOH	В растворе H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (плотно- сть 1,83 г/см <sup>3</sup> )	В растворе НСІ (плотно- сть 1,188 г/см³)	кость, <sup>0</sup> С, не менее
Химически устойчивое	l II	2,0 2,0	0,5 1,0	60,0 70,0	_	_	80 60
Термически устойчивое	III	1,7	0,5	90,0	_	_	160
Термически устойчивое кварцевое	IV		-	-	0,3	0,5	780

По мере развития новых и все более сложных исследований и химических производств к химико-лабораторному стеклу предъявляются повышенные требования.

### СОСТАВЫ ХИМИКО-ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕКОЛ

В состав выпускаемых промышленностью химико-лабораторных стекол входят по 8—10 различных окислов, каждый из которых оказывает определенное влияние на свойства стекла.

Важнейшие составы отечественных стекол для химико-лабораторных изделий и химической аппаратуры и их характеристика приведены в табл. 2 и 3.

Сти стоя № 23 (состав разработан академиком В. В. Тищенко в 1901 г.) отличается весьма хорошей устойчивостью по отношению к кислотам и воде, но менее устойчиво к щелочам. Очень хорошо обрабатывается на стеклодувной горелке. При нагревании до размягчения и выводе из пламени оно долго сохраняется в рабочем состоянии и легко позволяет производить формовку различных изделий.

Стимически устойчивое. При обработке на стеклодувной горелке нередко мутнеет и дает матовость, что часто удается устранить введением в пламя горелки раствора поваренной соли (NaCI).

В настоящее время этот тип стекла промышленностью не вырабатывается.

Стиненто № 29 (разработано кафедрой стекла ЛТИ им. Ленсовета в 1952 г.). Разработка этого состава велась с целью выявления материала, способного заменить дорогостоящую и дефицитную борную кислоту или буру, которые вводятся в шихту для получения в стекломассе борного ангидрида  $B_2O_3$ . В результате исследований установлено, что таким материалом является окись бария, которая вводится в стекломассу в виде тяжелого шпата ( $BaSO_4$ ) или минерала витерит ( $BaCO_3$ ).

Стекло этого состава устойчиво к воздействию кислоты, щелочи и воды. На стеклодувной горелке обрабатывается хорошо.

Ампульное стекло предназначается для изготовления ампул, в которых хранят водные растворы лекарств. Специфические условия службы медицинских стекол вызывают необходимость ограничить до минимума содержание щелочных окислов в стекломассе. В ампульном стекле не должно быть окислов, образующих ядовитые соли (PbO,  $As_2O_3$ ,  $Sb_2O_3$ ). На стеклодувной горелке это стекло обрабатывается хорошо. При 900° С появляются одиночные мелкие кристаллики, но при 1000° С и выше кристаллизация не происходит.

Стекло нейтральное НС-1 обладает высокой устойчивостью к стерилизации паром в автоклаве при давлении 2 ат. Из этой марки стекла вырабатываются главным образом стеклянные трубки (дроты), которые идут на изготовление ответственных медицинских стеклянных изделий (ампулы, флаконы, цилиндры для шприцев и т. п.). Обрабатывается на стеклодувной горелке хорошо. При температуре 900—1100° С появляются одиночные мелкие кристаллики.

Таблица 2.Составы важнейших стекол (в вес. %) для химико-лабораторных изделий.

Марка стекла	Кремнезем SiO <sub>2</sub>	Борный ангид- рид В <sub>2</sub> О <sub>3</sub>	Глино- зем Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Окись железа Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Окись каль- ция СаО	Окись магния MgO	Окись циика ZnO	Окись бария ВаО	Окись натрия Na <sub>2</sub> O	Окись калия К₂О	Фтор F-	Дву- окись цирко- ния ZrO <sub>2</sub>
№ 23	68,6	2,5	3,46	0,32	8,36	0,8	-	-	9,66	6,10	-	-
№ 846	74,0	3,0	3,0	0,2	6,0	4,0	-	-	10,0	-	-	-
№ 29	68,6	-	3,7	0,2	7,5	3,5	-	3,5	10,0	3,0	0,5	-
Ампульное	67,8	8,0	11,6	-	5,2	-	-	-	5,2	-	-	-
Нейтральное НС-1	72,5	6,0	4,0	-	7,0	-	-	-	8,5	2,0	-	-
Термометрическое 16	67,3	2,0	2,5	-	7,0	-	7,0	-	14,0	-	-	-
13-в малощелочное	63,5	-	15,5	-	13,0	4,0	-	-	2,0	-	2,0	-
3C-5 электровакуумное	68,2	19,0	3,5	-	-	-	-	-	4,8	4,5	_	-
Ц-32 циркониевое	68,4	-	4,4	-	6.7	2,5	-	-	14,7		_	3,1
Пирекс	79,6	12,1	1,93	0,17	0,46	0,17	-	ı	3,68	1,74	-	-
Кварцевое	99,95	-	0,01	-	0,03	0,01	-	-	-	-	-	-

Таблица 3. Характеристика важнейших стекол

Manua anauna	T				тика важнеиш						-
Марка стекла		Вязкость,	Плот-	Коэффи-	Цвет	Химическая устойчивость – потеря массы (в мг) на 100 см²				Термо-	
	атура	пз	ность,	циент тер-							стойкость,
	размяг		s/cm3	мического		поверхности при кипячении			°C		
	чения,			расшире-		В	В1н.	в 2 н.	В1н.	в 5%	
	°C			ния		дистил-	pac-	pac-	смеси	pac-	
				a*10 <sup>7</sup> ,		лирован-	творе	творе	pac-	творе	
				град <sup>-1</sup> (при		ной воде	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,	NaOH	творов	NaOH	
				20 -400° C)		(5 ч)	(3 4)	(3 4)	<b>NaOH</b> и	(3 4)	
									Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>		
									(3 4)		
№ 23	570	3,8*1010	2,48	88	Зеленоватый (в	0,3—	0,2-0,4	55-59	-	_	140
		10 <sup>2</sup> (при 1480° С)			торцевом срезе)	0,8					
№ 846	582	3,6*10 <sup>10</sup>	2,43	62	Бледно-зеленый	0,37	0,4	40,0	_	_	150
№ 29	565	3,4*10 <sup>10</sup>	2,54	75	Светло-зеленова-	0,2-0,7	0.26	38-59			160
		110 (при1480°C)	,-		тый	, , ,			_	_	
Ампульное	570	_	2,4	48	Бледно-зеленый						140
Нейтральное HC-1	630	_	2,5	70,7	Серовато-белый						150
Термометричес кое 16 <sup>III</sup>	597	10 <sup>9</sup>	2,59	80							50 (при охла- ждении в
13-в	725		2,55	50	2	2,62	3,93	67,7			тающем льде) 80
из-в малощелочное	123	_	2,55	50	Зеленоватый	2,02	3,93	61,1	_	_	00
3C-5	575		2,29	49 (при	Желтовато-белый	2,0	1,0	90,0			180
электровакуум-	373	_	2,23	20 -100° C)	желтовато-оелым	2,0	1,0	30,0			100
Ц-32	700—	_	2,6	87	Бледно-зеленый	0,9	0,38	12,0	6,0	_	120
циркониевое.	720		_,,			,,,	5,00	,-	,,,		
Пирекс	620	10 <sup>4</sup> (при 1300° C)	2,25	33	Бесцветный	0,36	0,52	84,0	_	_	~ 300
Кварцевое	1650	10 <sup>10</sup> 10 <sup>4</sup> (при 2000° С)	2,2 (при 20° С)	5,6	_		Потерь нет	_	_	60	1000—1100 (при охлаждении в воде); 1300 (при охлаждении на воздухе)

<sup>\*</sup>В тех случаях, когда в скобках не дана температура, вязкость указана при температуре размягчения.

П р и м е ч а н и е . Водоустойчивость медицинских стекол характеризуется количеством 0,01 н. раствора HC1 (в  $m\pi$ ), израсходованном на титрование (титруемый объем 50  $m\pi$ ): ампульное - 0,36; нейтральное HC -0,16; термометрическое  $16^{\text{III}}$  - 0,51. Кислотоустойчивость медицинских стекол определяется потерей массы (в %) при обработке 2 н. раствором  $\text{H}_2\text{SO}_4$ : ампульное - 0,056; нейтральное HC-1 - 0,042; термометрическое  $16^{\text{III}}$  - 0,040

Для повышения химической устойчивости внутренней поверхности стеклянных изделий, применяемых в медицине, эти поверхности обрабатывают кремнеорганическими соединениями (силиконизация), а также производят термическую обработку минеральными солями.

Стекла для медицинских целей вырабатывают на Курском, Клинском и Туймазинском стекольных заводах.

Термометрическое 16<sup>III</sup>. Особенность термометрического стекла марки 16<sup>III</sup> как и других термометрических марок заключается в том, что стекло должно обладать наименьшим термическим последействием, т. е. после каждого нагревания оно должно сохранять наименьшее остаточное расширение, а при длительном хранении не должно изменяться с уменьшением объема. На стеклодувной горелке стекло марки 16<sup>III</sup> обрабатывается хорошо.

Сти Став разработан в ГНИИС). Из этого состава вырабатываются водомерные трубы, а также трубы, предназначенные для транспортирования горячих жидкостей, или подлежащие в целях дезинфекции систематической промывке горячими моющими растворами или продувке водяным паром.

Трубы из этого стекла выдерживают внутреннее гидравлическое давление до 50—60 am.

Стимо Стимо Стимо Стана Стимо Стимо Стана Стимо Стимо Стимо Стана Стимо Стана Стимо Стимо

Стекло марки Ц-32 циркониевое. В целях создания более щелочеустойчивых стекол Государственным институтом стекла предложен состав Ц-32, содержащий двуокись циркония, которая вводится в состав через минерал циркон ZrSiO<sub>4</sub>.

Стекла эти не кристаллизуются, обладают высокой водоустойчивостью, хорошо обрабатываются на горелке.

Стекло «Пирекс» вырабатывается на заводе «Победа труда» (Татарской АССР). Высокое содержание кремнезема и малое количество щелочей обеспечивают этому типу стекла низкий коэффициент термического расширения и соответственно высокую термическую устойчивость. Стекло это часто называют термостойким и действительно при испытании образцов оно выдерживает перепад температур около 300° С. Изделия из этого стекла с толстым дном и тонкими стенками менее термостойки. При обработке стекла «Пирекс» на стеклодувной горелке происходит кристаллизация. При температуре ~650°C на поверхности появляется кристаллическая пленка толщиной ~0,5 мм, затем при 1020—1130°C толщина пленки снижается, а при 1280° С стекло вновь становится прозрачным.

Кварцевое стекло является самым ценным в практике лабораторной работы, так как оно отличается высокой термической стойкостью, огнеупорностью, инертностью по отношению к ряду химических реагентов (кроме плавиковой и фосфорной кислот). Прозрачное кварцевое стекло пропускает все лучи — от ультрафиолетовых до инфракрасных. Диэлектрические свойства кварцевого стекла весьма высоки. Однако изготовление аппаратуры, изделий и отдельных деталей из кварцевого стекла связано с трудностями, из которых главной является высокие температуры плавления (более 2000°С) и размягчения (1650°С). Вследствие большой вязкости расплава удаление растворившихся в стекломассе газов также представляет значительные затруднения.

Как видно из табл. 2, в состав кварцевого стекла входит почти только кремнезем, вводимый через кварцевые пески, или горный хрусталь. Промышленное производство труб и изделий из прозрачного кварца начато на Ленинградском заводе им. Ломоносова в 1932 г. Изделия и трубы из непрозрачного кварца вырабатываются на заводе «Дружная горка» Ленинградской области.

При температуре выше 1200° С кварцевое стекло кристаллизуется, образуя кристаллический слой толщиной 0,1 *мм*, который при температуре размягчения (1650° С)

пропадает. Изделия из кварцевого стекла допускают длительную эксплуатацию при 1000— 1100° С.

Обработка кварцевых трубок производится на кварцедувных горелках. Наилучшим газом для этих работ является водород, дающий при сжигании в кислороде совершенно чистое, некоптящее пламя достаточной температуры.

Электродное стекло. В различных областях науки, промышленности, сельского хозяйства, здравоохранения определение кислотности или щелочности среды проводят с помощью стеклянных электродов. Производство электродных стекол освоено на заводе «Дружная горка» (Ленинградская область) и на Гомельском стеклозаводе (БССР). Стеклянные электроды состоят из корпуса и активной или рабочей части. Имеется много разработанных составов для электродного стекла. В среднем они содержат 50-60% кремнезема (SiO<sub>2</sub>), 10-12% окиси лития (Li<sub>2</sub>O), 12-18% окиси цезия (Cs<sub>2</sub>O), 18-20% окиси лантана (La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Корпуса электродов изготавливаются из стекла, близкого по коэффициенту термического расширения к электродному. Приводим состав стекла K-1 (в вес. %) для корпусов электродов, как наиболее распространенный:

SiO <sub>2</sub>	61,4	MgO	0,6
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,6	Na₂O	8,0
BeO	2,4	K <sub>2</sub> O	12,0
CaO	8.1	ZrO <sub>2</sub>	3.9

Коэффициент термического расширения корпусного стекла 98,5\*10-7.

### СВОЙСТВА СТЕКЛА

**Кристаллизация.** При обработке стекла в пламени горелки часто наблюдается весьма неприятное для стеклодувных работ явление — на стекле возникает матовость, оно начинает мутнеть, теряет свою прозрачность, появляется тонкая пленка или корочка. При тщательном рассмотрении заматированного участка в микроскоп наблюдается некоторая морщинистость поверхности. В практике стеклоделия кристаллизацию часто называют расстекловыванием или заруханием.

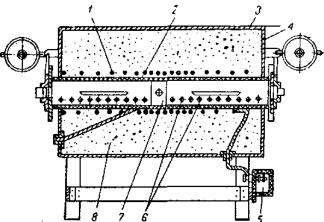


Рис. 1. Схема градиентной печи для определения степени кристаллизации:

1—электронагреватель; 2— жаровой цилиндр; 3—кожух; 4— крышка; 5— коробка контактов;  $\delta$ — опорные трубки; 7—термопара; 8—изоляция.

Кристаллизации при определенных условиях подвергается и расплавленная стекломасса. При стеклодувных работах, т. е. при повторном нагревании стекла, причиной кристаллизации является изменение химического состава поверхности стекла вследствие улетучивания некоторых окислов. Практически часто удается устранить этот недостаток введением в пламя горелки паров поваренной соли (NaCl). На рабочем столе необходимо иметь баночку

раствора поваренной соли и при появлении признаков кристаллизации тампоном-помазком внести в пламя порцию раствора или заматированный участок обогатить этим раствором. Кристаллизация часто начинается при обработке стекла, хранившегося долго в неудовлетворительных условиях. Влажная атмосфера, а тем более дождь, снег, град оказывают отрицательное воздействие на некоторые сорта стекла.

При разработке марок стекла в научно-исследовательских лабораториях, институтах и на заводах осуществляется контроль кристаллизационной способности каждого состава стекла. На рис. 1 приводится схема градиентной печи для определения степени кристаллизации.

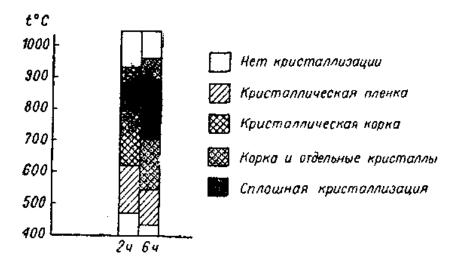


Рис. 2. Диаграмма, характеризующая температурные границы и степень кристаллизации стекол.

Обмотка печи выполнена таким образом, что в центре обеспечивается наиболее высокая температура, а по краям более низкая. Образцы стекла помещаются в огнеупорные лодочки (кристаллизаторы). Испытуемые образцы выдерживаются в печи различное время и при различных температурах. Результаты испытания и исследования обычно изображают в виде диаграммы по пятибалльной шкале.

На рис. 2 приводится диаграмма, характеризующая температурные границы и степень кристаллизации данной марки стекла. Применяется также подсчет количества кристаллов в 1  $mm^3$  или на 1  $mm^2$  поверхности. Анализ кристаллов проводится петрографическим или рентгеноструктурным методом.

**Вязкость** — одно из главнейших физических свойств стекла. Обработка стекла на стеклодувной горелке связана с этим свойством, от которого зависит способ и режим работы. Вязкость стекол сильно изменяется с температурой. При 1500°C вязкость стекла № 23 имеет величину, близкую к  $10^1$ — $10^2$  ns; при 650—720° C, т. е. в интервале обработки стекла на стеклодувной горелке, вязкость находится между  $10^5$ — $10^{10}$  ns, при температуре отжига —  $10^{12}$ — $10^{13}$  ns, при комнатной температуре—  $10^{15}$  ns.

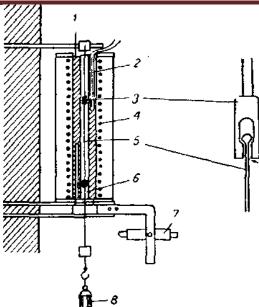


Рис. 3. Схема установки для измерения вязкости:

/—медная труба (L = 500 мм, d=60 мм); 2—карманы для термопар; 3— нихромовая подвеска; 4—нагреватель; 5—нить исследуемого стекла (<1 — 1-2 мм); 6—сквозной канал; 7— отсчетный микроскоп; 8—груз.

Вязкость в некоторой степени зависит также от состава стекла. Наиболее вязким является кварцевое стекло. Вязкость стекла в области пластического состояния измеряют по методу растяжения нити из исследуемого стекла (рис. 3).

Зная длину и радиус нити (в cm) и груз (в e), можно по скорости удлинения нити рассчитать вязкость.

**Коэффициент термического расширения.** В практике стеклодувного дела приходится часто производить спаивание стекла со стеклом и стекла с металлом. Спаивание будет вполне надежным только в том случае, если коэффициенты расширения спаиваемых материалов

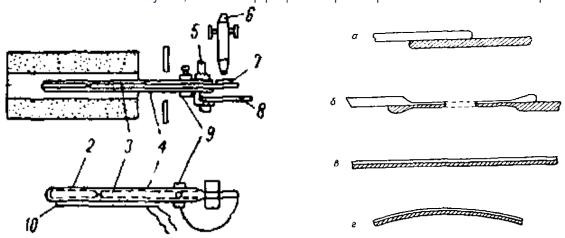


Рис. 4. Аппаратура для измерения коэффициента термического расширения стекла:

1 — печь; 2 — испытываемый образец;

3—кварцевый стержень; 4—кварцевая пробирка; 5—приспособление для закрепления пробирки; б—микроскоп; 7—окулярная сетка; 8—столик; 9— зажим с пружиной; 10—термопара.

Рис. 5. Схема сравнения термического расширения двух стекол:

 а — спаивание на горелке двух стержней из сравниваемых стекол;

б—растягивание нагретого места в нить толщиной 0.3—0,6 мм (утолщенные концы обламывают);

в — нить прямая (при одинаковых коэффициентах термического расширения);

г — нить согнутая (при разных коэффициентах; на вогнутой стороне находится стекло с большим коэффициентом термического расширения).

совпадают или отличаются друг от друга не более, чем на 5%. Термическое расширение стекла характеризуется двумя величинами; коэффициентом линейного расширения a и коэффициентом объемного расширения  $\beta$ . Так как эти два показателя связаны между собой простым соотношением ( $\beta = 3$  a), то обычно пользуются линейным коэффициентом термического расширения.

Значение линейного коэффициента расширения зависит от состава стекла и колеблется в широких пределах от 5,6\*10-7 до 150\*10-7. Для химико-лабораторного стекла, применяемого при стеклодувных работах, этот коэффициент составляет 78-90\*10-7.

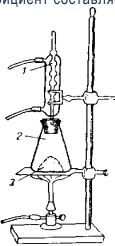


Рис. 6. Установка для определения химической устойчивости стекла по методу порошка: 1 —обратный холодильник; 2— колба из кварцевого стекла 3—стеклянный порошок.

На рис. 4 приводится схема кварцевого дилатометра, позволяющего измерять расширение стекла в широком интервале температур. В кварцевую пробирку устанавливают испытываемый образец и помещают ее в электропечь. Образец своим острием упирается в кварцевый стержень, помещенный также в кварцевую пробирку. Кварцевый стержень имеет наклеенную окулярную сетку. Температура замеряется термопарой. По мере нагревания образец удлиняется и толкает кварцевый стержень, снабженный зажимом с пружиной. Удлинение фиксируется с помощью микроскопа с винтовым окуляр-микрометром.

Коэффициент линейного расширения вычисляется затем по стандартной формуле (Справочник по производству стекла, т. I, Стройиздат, 1965, стр. 262).

Метод кварцевого дилатометра применяется в институтах, научно-исследовательских лабораториях, на крупных заводах при изучении свойств и структуры стекла, при освоении новых составов и т. п. Непосредственно на рабочих местах приходится также часто контролировать коэффициент расширения стекла. В этих случаях пользуются методом изгиба двойной нити (рис. 5). Точность этого простого метода вполне достаточна для текущего контроля и для практических целей. Из стекла с известным коэффициентом расширения (эталонного) и из стекла, подлежащего проверке, изготовляют цилиндрические стержни диаметром 4—6 мм и длиной 100—150 мм. Эти стержни спаивают на горелке, затем быстро растягивают в нить толщиной 0,3—0,6 мм. Утолщенные концы обламывают. При одинаковых коэффициентах нить остается прямой. При разных коэффициентах нить сгибается, причем на вогнутой стороне находится стекло с большим коэффициентом расширения. Определив стрелу прогиба, можно по формуле рассчитать коэффициент расширения испытуемого стекла.

Химическая устойчивость — способность сопротивляться разрушающему действию воды, водных растворов кислот, щелочей и других реактивов — основное требование к приборам, аппаратам и прочим изделиям из стекла. Разрушение стекла любым реактивом в области до 100° С ускоряется в 1,5—2,5 раза на каждые 10 гра∂ повышения температуры. При помещении стекла в автоклавы разрушение происходит еще сильнее. Химическая устойчивость стекла объясняется образованием на его поверхности тонкого слоя (порядка 10 слоев молекул) коллоидной кремневой кислоты в виде пленки, оказывающей защитное действие, в результате которого разрушение стекла самотормозится. Существуют более десяти методов,

применяемых для оценки разрушаемое стекол и изменения поверхности. К ним относятся весовые, титрационные, колориметрические и другие методы.

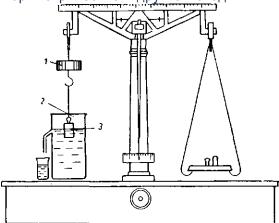


Рис. 7. Гидростатические весы для определения плотности: *I* — гирька с крючком вместо чаши; 2— стакан с дистиллированной водой; 3— образец.

На рис. 6 приводится установка для определения химической устойчивости стекла по методу порошка. В колбу из кварцевого стекла загружается испытываемое стекло, приведенное в порошкообразное состояние. Порошок обрабатывается соответствующим реактивом (кислота, щелочь, вода) в установленное ГОСТом время. После действия реагента определяется сухой остаток и потеря в весе пересчитывается в mz на  $100 \ cm^2$ .

**Плотность.** Плотность стекла зависит от его состава и изменяется в широких пределах от 2,2 до 6,5 г\см³ и более для отдельных марок оптических стекол (тяжелые флинты содержат до 65% PbO). Химико-лабораторное стекло № 23 имеет плотность 2,48 г\см³. Плотность определяют гидростатическим взвешиванием, **с** помощью пикнометра, методом осаждения и другими методами.

На рис. 7 показаны аналитические весы, на которых образец без пузырей взвешивают сперва в воздухе, а затем в дистиллированной воде. Отношение веса образца в воздухе к весу, потерянному в воде с учетом плотности воды и воздуха при температуре опыта, дает плотность стекла.

**Механические свойства.** Прочность стекла зависит от состава, температуры, состояния поверхности, степени отжига и других причин. Стекло неодинаково ведет себя при различных типах деформаций. По сопротивлению сжатию стекло обладает высокой прочностью, по сопротивлению удару, растяжению и изгибу — весьма низкой. Прочность стекла при сжатии составляет 50— $200 \ кг/мм^2$ . Определение прочности на сжатие проводят на обычных гидравлических или механических прессах мощностью 5— $10 \ m$ .

На рис. 8 приводится схема испытания стеклянного образца на сжатие. Предел прочности на сжатие химико-лабораторных стекол составляет  $\sim 100 \ kz/mm^2$ . Уместно отметить, что предел прочности на сжатие чугуна составляет  $60 - 85 \ kz/mm^2$ .

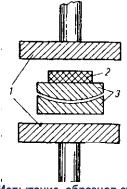


Рис. 8. Испытание образцов стекла на сжатие: *I* — сдавливающие поверхности пресса; 2— образец; 3—шаровая опора.

Прочность стекол на растяжение и изгиб колеблется в пределах 3,5—8,5 кг/мм², т. е. она в 15— 25 раз меньше прочности на сжатие, в 10 раз меньше прочности стали и в 2—3 раза менее прочности чугуна. Испытания на разрыв проводят на универсальной разрывной машине. Для этого берут заготовленные из испытуемого стекла образцы длиной 60—65 мм, диаметром 6 мм, утоненные в средней части до 3,5 мм и приплюснутые с концов для захвата. Значение прочности при изгибе мало отличается от значения прочности при растяжении.

На рис. 9 показаны образец для испытания на растяжение и соединение образца стекла с разрывной машиной при испытании на растяжение.

Характерным свойством стекла является его хрупкость, т. е. способность разрушаться без предварительных заметных

деформаций. Хрупкость измеряется работой, необходимой для разрушения единицы объема. Мерой хрупкости принято считать сопротивление удару. Испытывают стекло на прочность, сбрасывая на него шар. Сопротивление удару измеряется на пластинках стекла 100 на 100 мм, помещаемых на деревянные рейки, оклеенные резиной (рис. 10). Сопротивление удару характеризуется суммарной работой разрушения и составляет 2,0—2,5 кг • см/см³.

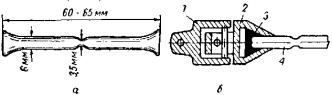


Рис. 9. Испытание образцов стекла на растяжение:

а —образец для испытания стекла; б—соединение образца с разрывной машиной 1—захват; 2— обойма; 3— мастика; 4— образец).

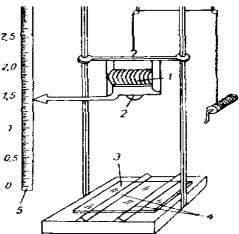


Рис. 10. Прибор для испытания стекла на удар:

1—электромагнит для удержания шара; 2—металлический шар; 3—образец; 4—деревянные рейки, обитые резиной; 5— шкала для определения высоты падения-

**Термостойкость.** Способность стекла выдерживать без разрушения резкие изменения температуры называется термической стойкостью. Термостойкость выражается числом градусов, на которое можно резко охладить образец, не подвергая его разрушению. Чем меньше коэффициент термического расширения, тем выше термостойкость. Кварцевое стекло, имеющее самый низкий коэффициент термического расширения, равный 5,6 \*10-7, выдерживает перепад температуры в 1000 *град*.

Большинство марок химико-лабораторного стекла, имеющих коэффициент термического расширения 88—90\*10-7, выдерживают перепад температур в 120—140 град.

На рис. 11 приводится схема прибора для определения термостойкости. Образец стекла закрепляется в захваты на концах стержней, помещенных в электрической трубчатой печи. По достижении намеченной температуры, которая замеряется термопарой, образец с помощью рычагов и тяги освобождается от захватов и падает через заслонку (последняя автоматически открывается) в стакан с водой комнатной температуры. По степени и характеру трещин судят о термостойкости испытуемого стекла. Стекло легче выдерживает быстрое нагревание, чем резкое охлаждение, что обусловлено характером напряжений, возникающих в нем при тепловом ударе. При нагревании в стекле преобладают напряжения сжатия, а как уже указывалось, стекло на сжатие работает хорошо; при резком же охлаждении возникают растягивающие усилия, к которым стекло весьма чувствительно.

**Электрические свойства.** При нормальной комнатной температуре стекло является хорошим изолятором с удельным сопротивлением, равным 10<sup>13</sup>—10<sup>17</sup> *ом•см*. При высоких температурах стекло становится хорошим проводником электрического тока; удельное сопротивление его понижается до 10<sup>1</sup>—10<sup>2</sup> *ом•см*. Электропроводность стекла, имеющего в своем составе окислы щелочных металлов, при любой температуре является ионной.

Электропроводность стекол в твердом состоянии принято характеризовать величиной Тк-100 — температурой, при которой удельное объемное сопротивление стекла равно 10<sup>8</sup> ом•см..

Для стекла № 23 Тк-100 составляет 200° C, а для стекла № 29 Тк-100 равно 227° C.

Определение Тк-100 осуществляют на цилиндрических образцах диаметром 6—10 *мм* и такой же длины. На торцовые стороны образца наносят электроды путем вжигания серебряной пасты, химическим серебрением или графитированием.

Образец вводят в кварцевый патрон с неподвижным и подвижным никелевыми электродами (рис. 12), зажимают пружиной и вместе с патроном помещают в электрическую печь. Температура замеряется термопарой с потенциометром. Сопротивление измеряет мегомметр.

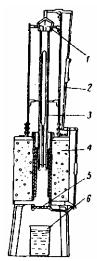


Рис. 11. Прибор для определения термостойкости: / — верхнее кольцо; 2—рычаги и тяги; 3—металлические стержни с подвесками; 4—электрическая трубчатая печь. 5—заслонка; 6—стакан

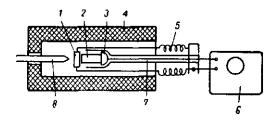


Рис. 12. Прибор для определения электропроводности: / — подвижный электрод; 2—образец; 3— неподвижный электрод; 4— электропечь; 5— пружина; 6—мегомметр; 7—кварцевый патрон; 8— термопара.

### ТЕХНОЛОГИЯ СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Рассмотрим схему технологического процесса стекольного производства.

Первым этапом всякого стекольного производства является получение расплава или, как часто говорят, процесс «варки» стекла. Варку стекла производят в специальных печах, в которые загружают смесь сырьевых материалов (шихта), а также бой стекла. Шихта состоит из природных и искусственных материалов, в которых главной составной частью является кремнезем (кварцевые пески)  $SiO_2$ . Для облегчения процесса плавления в шихту вводят щелочные материалы — кальцинированную соду  $(Na_2CO_3)$  или сульфат натрия  $(Na_2SO_4)$ ; для придания стеклу химической устойчивости — мел, известняк  $(CaCO_3)$  и другие щелочноземельные окислы. Помимо упомянутых, в современный состав шихты входит еще много различных материалов, играющих роль осветлителей, красителей, глушителей и т. п.

В состав химико-лабораторного стекла для повышения химической и термической устойчивости вводят борную кислоту или буру, окислы бария (BaO); для снижения склонности к кристаллизации—глинозем (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), а часто также окислы цинка (ZnO) и титана (TiO<sub>2</sub>). В последние годы с целью повышения щелоче-устойчивости выпускаются циркониевые стекла, содержащие  $ZrO_2$  (двуокись циркония), которая вводится через минерал циркон —  $ZrSiO_4$ .

До поступления в шихту сырьевые материалы (кварцевый песок, кальцинированная сода, мел, доломит, борная кислота, каолин и другие материалы) подвергаются предварительной обработке: обогащению, дроблению, промыванию, высушиванию, перемешиванию, взвешиванию и дозировке. Эти операции на заводах выполняет цех приготовления шихты.

Прибывающие на завод сыпучие сырьевые материалы разгружаются в приемную траншею. Материалы хранятся раздельно в соответствующих отсеках, оттуда они поступают либо на сушку в сушильные барабаны, либо на измельчение в дробилки или в шаровые мельницы. Измельченный

материал хранится в приемных бункерах и через дозировочные весы попадает на ленточный транспортер, который подает материал в смеситель. Тщательно перемешанная шихта, во избежание распыления, часто передается ковшовым элеватором на пресс для брикетирования или подается контейнерами в сыпучем состоянии к стекловаренной печи для загрузки. Транспортировка материалов внутри цеха производится с помощью мостового крана с грейфером.

Для варки стекла применяют различные печи: ванные (имеющие один бассейн, образованный кладкой огнеупорного кирпича) или горшковые (в бассейн которых устанавливают огнеупорные сосудыгоршки).

# Сода Сода Промывание Промывание Просеивание Сушка Помол Просеивание Получение шихты Формование Отжиг Готовые изделия

### Схема технологического процесса стекольного производства

В горшковую стекловаренную печь можно установить два, четыре, шесть и более горшков. По газопроводу поступает естественный или полученный в газогенераторной станции горючий газ, по воздуховоду — воздух. Газ и воздух проходят через регенераторы, где подогреваются, а поступая в печь смешиваются и горят мощным пламенем, обеспечивающим температуру 1450— 1500° С. Иногда отопление стекловаренных печей производят жидким топливом (например, нефть, мазут). В горшки засыпают подготовленную шихту и бой стекла, которые под воздействием высокой температуры плавятся, образуя сначала густую непрозрачную массу. Затем постепенно эта масса под влиянием температуры и перемешивания очищается, светлеет, приобретает нужную вязкость и становится пригодной для выработки и формования различных изделий.

Особенность горшковых печей состоит в том, что в каждом горшке можно варить стекло другого состава, но в небольших количествах. Объем таких горшков не превышает 1,0—2,0 г стекломассы. Процесс варки и выработки стекла в горшковых печах протекает периодически, т. е. после засыпки шихты проходит 13—16 ч для разогрева и варки, 6—7 ч для выработки, а затем процесс повторяется. Горшковые печи по сравнению с ванными менее экономичны и применяются только в случаях необходимости получения стекла особого состава или особого цвета.

Современные ванные стекловаренные печи — это сложные сооружения значительных размеров. Некоторые из них доходят до 35—40 м в длину, 7—8 м в ширину. Глубина слоя расплавленного стекла достигает 1,5 м. В такой бассейн вмещается около 1000 г стекломассы. Печи этого типа применяются для выработки массовых видов стеклянных изделий: оконное, витринное стекло, тарная, бутылочная посуда и т. п.

Контейнеры с брикетами или шихтой регулярно заполняют имеющиеся у печи бункеры, откуда по мере надобности шихта подается питателем в загрузочный карман. По газопроводу и по воздуховоду поступают горючий газ и воздух, которые проходят через нагревательные камеры-регенераторы, заполненные огнеупорными кирпичами-насадками. Поступая через горелки в печь, газ и воздух образуют горючую смесь, обеспечивающую температуру порядка 1500° С, необходимую для расплавления шихты, очистки и осветления стекломассы. В отличие от горшковых, в ванных печах процесс варки и выработки протекает непрерывно, но изготавливается только один определенный сорт стекла. Поступление газа и воздуха отрегулировано таким образом, что по длине бассейна создаются различные тепловые зоны, в соответствии с требованиями технологического процесса. Сначала происходит процесс плавки, затем стеклообразование. Далее стекломассу осветляют, остужают и направляют в формующие машины, в которых изготавливают заданные изделия: бутылки, банки, оконное листовое стекло. Некоторые изделия, как, например, бутылки, тарные банки поступают для отжига в специальные печи. Оконное же стекло после охлаждения идет на резку, упаковку и на склад готовой продукции.

На современных заводах необходимый температурный режим варки обеспечивается автоматически, как и сохранение заданной атмосферы печи.

Образовавшийся расплав выдерживают в печах установленное время, постепенно снижая температуру, чтобы удалить растворенные газы, достигнуть однородности и довести вязкость до соответствия принятому способу формования или выработки; при этом температура снижается до 1220—1250° С.

Отформованное изделие не может быть сразу пущено в употребление, так как при быстром охлаждении оно приобретает внутреннее напряжение и вскоре растрескивается. Поэтому изделия после изготовления должны подвергаться медленному и постепенному охлаждению (отжигу).



Рис. 13. Изготовление трубок ручным способом.

Обычно ОТЖИГ производят В тоннельной печи. Печь эта отапливается также горючим газом или электрическим Нагрев печи рассчитан таким током. образом, **4T0** изготовленное горячее изделие, помещенное в тоннельную печь, несколько тепловых проходит 30H. Двигаясь по конвейерной ленте вдоль длины печи. готовое изделие подвергается такой термической ботке, когда все внутренние напряжения исчезают выходит печи

пригодным для дальнейшей обработки или для непосредственного употребления.

Способы формования. Стекло является тем исключительным материалом, который поддается всем известным способам формования. Стекло можно выдувать, отливать, прессовать, штамповать, прокатывать между вальцами и на столах, вытягивать в виде бесконечной ленты и в виде тончайших волокон, формовать на вакуумных машинах и применять другие способы формования. До начала XX в. наиболее распространенным был способ выдувания. Мастер набирает в несколько приемов из стекловаренной печи на металлическую трубку (длина 120—140 мм, толщина 15—20 мм с внутренним отверстием в 5—6 мм) порции расплавленной стекломассы и воздухом своих легких раздувает сперва небольшой шар, или цилиндр, а затем, пользуясь рядом простейших инструментов (лопатки, ковшики, ножницы и другие) придает заготовке нужную форму (стакан, кувшин, ваза и др.). Часто пользуются металлическими и деревянными формами. Частично раздутую заготовку вносят в форму и постоянным вращением и дутьем достигают того, что размягченное стекло плотно и точно облегает все очертания формы. Освобождая заготовку от трубки, получают нужное изделие, которое должно подвергаться в дальнейшем отжигу, удалению колпачка (литника) и прочей обработке,

В настоящее время все способы горячего формования механизированы. Ручной труд остался лишь

на заводах художественного стекла, частично на заводах химико-лабораторной посуды при выпуске немассовых изделий и некоторых других видов.

Производство стеклянных трубок, применяемых для стеклодувных работ, в основном также механизировано. Сохранилось ручное вытягивание лишь в тех случаях, когда требуются трубки специального назначения (особые размеры, из стекла особого состава, трубки с эмалевой полоской и др.).

Схема изготовления трубок ручным способом приводится на рис. 13. Мастер набирает на металлическую трубку порцию стекломассы и набор этот раскатывает на металлической плитке, постепенно раздувая до образования заготовки цилиндрической формы — «постика». В это время второй рабочий набирает на конце металлического стержня небольшую порцию расплавленного стекла и придает этому набору форму небольшого диска — «лепки», который в горячем состоянии прикрепляется к «постику». Затем оба работающих переносят заготовку, удерживающуюся на металлической трубке и стержне, в специальный коридор (длина 20—25 м), расходятся в противоположные стороны, все время растягивая трубку и вдувая воздух в ее полость. Диаметр и толщина стенок трубки регулируются скоростью растягивания и количеством вдуваемого воздуха. Вытянутую длинную трубку укладывают на деревянные планки и осторожным прикосновением металлического предмета, смоченного холодной водой, «разрезают» на заданные отрезки по длине. Таким же способом освобождают концы металлических трубки и стержня от стекломассы, успевшей за это время остыть и прочно пристать к металлу. После этого процесс вытягивания трубок начинают сначала.

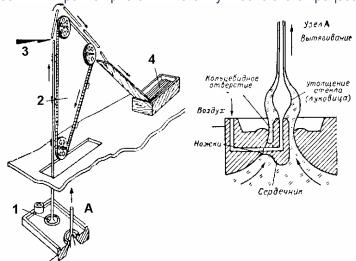


Рис. 14. Установка для вытягивания трубок при помощи лодочки: / — лодочка; 2—вытягивающее устройство; 3— отрезание трубок в размер; 4—готовые трубки

Ручное вытягивание требует от мастера высокой квалификации и больших физических затрат. Ручным способом вытягивают трубки диаметром до 70—80 мм. Такой способ является малопроизводительным: бригада из 4 человек за смену вытягивает 500—550 ка трубок.

Существует несколько способов механизированной выработки трубок. В зависимости от требований к диаметру, толщине стенок, составу стекломассы применяют тот или иной способ.

В 20-х годах XX века известный советский стекольщик-изобретатель С. И. Королев разработал способ механизации выработки трубок, используя для подачи

стекла огнеупорное тело в виде лодочки.

Установка для вытягивания трубок при помощи лодочки приводится на рис. 14. Лодочка имеет форму прямоугольника и изготовлена из высокоогнеупорного шамотного материала. При помощи зажимного устройства она заглублена в стекломассу. В лодочке имеется кольцевидное (может быть и квадратное, прямоугольное или любого другого сечения) отверстие, образованное сердечником. Стекломасса выдавливается сквозь это отверстие: сначала образовывается утолщение в виде луковицы, а затем под воздействием вытягивающего устройства масса тянется вверх ровной и гладкой цилиндрической трубкой на высоту до 5 л. В сопло лодочки подается сжатый воздух. На определенной высоте трубка отрезается и падает в лоток.

При помощи такой же лодочки, но без подачи воздуха, вытягивают не трубку, а сплошной стержень (палочки). В зависимости от диаметра трубки определяется и скорость вытягивания, которая колеблется в пределах 2—20 м/мин. На установках С. И. Королева получают трубки диаметром 3—30 мм. Чем меньше диаметр трубки, тем выше скорость вытягивания. В настоящее время этот способ применяют только для получения специальных видов трубок в небольших количествах. Способ вертикального вытягивания недостаточно экономичен.

Широкое промышленное применение приобрел метод горизонтального вытягивания трубок (рис. 15). Главной рабочей частью установки является «мундштук» — огнеупорный шамотный вращающийся наконечник. По центру полого наконечника подается сжатый воздух. Жидкая стекломасса поступает из стекловаренной, печи по лотку и тонкой струйкой стекает на вращающийся мундштук. Количество стекла, поступающего на мундштук, регулируется шибером. Струйка из расплавленного стекла полностью обволакивает мундштук и у нижнего конца при выходе из мундштучной машины уже имеет вид сформировавшейся трубки. Далее специальная машина тянет трубку через канал, где происходит ее охлаждение и отжиг. За тянульной машиной устанавливается приспособление для разрезания трубок в «размер», т. е. на отрезки заданной длины. На установках горизонтального вытягивания получают трубки диаметром 1,8—45 мм. Скорость вытягивания зависит от заданного диаметра и составляет 10—150 м/мин.

Способ горизонтального вытягивания трубок является высокопроизводительным. Выработка достигает 5,0—5,5 т в смену.

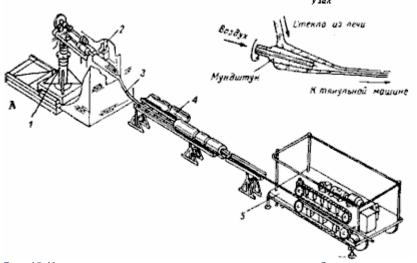


Рис. 15. Установка для горизонтального вытягивания трубок: /—мундштучная машина; 2 — шибер, регулирующий подачу стекла; 3— трубка; 4~отжигательный канал. 5—цепная тянульная машина.

Существуют еще методы вертикально-безлодочного непрерывного вытягивания, вальцевания другие, применяются они для выработки толстостенных труб, из которых в комплекте различными фасонными частями монтируются трубопроводы химической, пищевой, текстильной и многих других отраслях промышленности сельского хозяйства. Из толстостенных труб изготовляют для стеклобетонных змеевики

отопительных панелей. Такие трубы применяются также для прокладки скрытых электропроводок и других целей.

Для производства лабораторного оборудования, ампул, термометров, электровакуумных изделий, елочных украшений применяются тонкостенные трубки диаметром 2,0—50 *мм* с толщиной стенок 0,4—2 *мм*.

Громадное количество видов изделий из стекла предусматривает и многообразие технических решений в части формования и выработки стекломассы. Строительное, строительно-архитектурное, светотехническое стекло получают способами вертикального и горизонтального вытягивания, периодическим и непрерывным прокатом, отливкой, прессованием и другими способами. Тарное и сортовое стекло вырабатывается стеклоформующими и вакуумными машинами, ручным и механизированным выдуванием и прессованием. Медицинское, оптическое, кварцевое, электродное, пеностекло, стеклянное волокно и другие виды изделий вырабатываются различными способами в зависимости от их формы, размера и условий эксплуатации. Поскольку этот вопрос выходит за пределы руководства по основам стеклодувного дела, мы касаться его не будем.

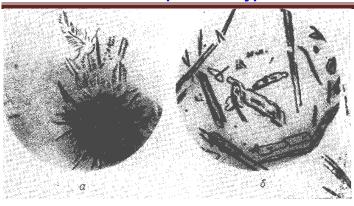




Рис. 16. Микрофотографии твердых включений: *а* —шихтный Рис. 17. Кристаллизация образца (девитрит) X 80. кварцевый камень; б—шамотный камень-корунд.

**Важнейшие пороки стекла.** Несмотря на то, что стекольная промышленность накопила громадный производственный опыт и строит свою работу на основе строгих научно-технических исследований, не удалось еще полностью устранить причины, вызывающие появление в стекломассе и изделиях из нее инородных включений, нарушающих прочность, прозрачность и внешний вид. Инородные включения стекла в основном подразделяются на три группы:

- 1) твердые (камни и кристаллы);
- 2) стекловидные (свили и шлиры);
- 3) газовые (пузыри, мошки).

В стекле, предназначенном для химических, физических аппаратов и приборов, безусловно не допускаются твердые включения, так как они ведут к снижению прочности, термостойкости и самопроизвольному разрушению (см. ГОСТ 10394—63).

Твердые включения имеют различное происхождение. На рис. 16, а показана микрофотография кварцевого камня, образовавшегося в результате «непровара». Загруженная в печь шихта была неправильно приготовлена: недостаточно измельчены и просеяны сырьевые материалы. Крупная тугоплавкая частица материала не могла одновременно расплавиться с другими частицами. Шамотный камень-корунд, попавший в стекломассу от огнеупора, который, возможно, был неправильно обожжен либо содержал недопустимые компоненты, изображен на рис. 16, б.

Причины попадания в стекломассу твердых включений различны: от связки огнеупора, скрепляющего отдельные брусья, от резких колебаний температуры и т. п.

На рис. 17 показан вид наиболее часто встречающейся кристаллизации образца с образованием девитрита (силикат натрия или кальция). Кристаллизация может быть вызвана неправильным тепловым режимом, наличием в стекле химически неоднородных участков, нарушением установленного времени выдержки и другими причинами. Стекло с явными признаками кристаллизации для дальнейшей обработки непригодно.

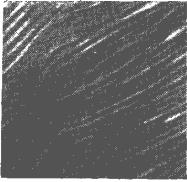


Рис. 18. Свили в стекле"



Рис. 19 мелкие пузыри или "мошка" в стекле.

Свили (рис. 18) представляют собой как бы «волокна» или «нити» в стекле, отличающиеся по химическому составу и физическим свойствам от соседних участков. Причины образования свилей также многочисленны. Чаще они появляются от огнеупорного материала, неправильного состава шихты, использования боя стекла с составом, отличающимся от основной массы, а также при недостаточной однородности стекломассы или плохом перемешивании. Свили и шлиры влияют на прочность стекла: применение стекла со свилью, резкоощутимой рукой, в приборах и аппаратах не допускается.

Иногда с верхнего строения печи (свода) под влиянием высокой температуры стекают в стекломассу капли стекловидного огнеупора, образуя округлые участки с «хвостиками», называемые шлирами. Окраска у них большей частью бывает зеленая, что говорит о повышенном содержании окислов железа. Шлир влияет на термостойкость стекла и в химико-лабораторной посуде не допускается.

Газовые включения (пузыри, мошки) бывают самых различных размеров —от 0,22 мм до нескольких сантиметров; расположены они и в толще стекла и на поверхности; бывают бесцветными и окрашенными. Основными причинами появления в стекле пузырей следует считать неправильную и недостаточную выдержку стекломассы после плавки, плохое перемешивание (бурление), неравномерный зерновой состав песка, недостаточно высокую температуру варки. Пузыри и мошки (рис. 19) хотя и не влияют на прочность стекла, но портят внешний вид и пользование таким стеклом ограничено (см ГОСТ 10394—63).

Примечание. Лабораторную посуду и трубки для стеклодувных работ изготовляют следующие предприятия:

- 1. Завод «Дружная Горка» (Ленинградская обл., Гатчинский район, пос. Дружная горка);
- 2 Завод «Лаборприбор» (г. Клин, Московская обл., Сестрорецкая ул. 13);
- 3. Термометровый завод (г. Клин, Московская обл., Волоколамское шоссе, 44);
- 4. Завод «Победа Труда» (Татарская АССР, ст. Васильеве Казанской ж. д.);
- 5. Завод им. Ломоносова (г. Ленинград, пр. Обуховской обороны, д. 151; вырабатывает изделия и трубы из кварцевого стекла).

### Глава 2. ОБОРУДОВАНИЕ И ИНСТРУМЕНТЫ

Организация рабочего места при стеклодувных работах имеет Решающее значение для успешной работы. От правильного подбора фборудования и инструмента зависят безопасность и скорость выполнения операций, производительность труда, качество работы и «степень усталости работающего. Эти требования особенно важны сейчас, когда современный научно-технический прогресс требует внедрения научных основ в организации производства и труда.

Очень важно, чтобы стол и стул, которыми пользуется работающий, соответствовали его росту (обычно высота стола — 850— 900 мм). Садясь надо следить, чтобы грудная клетка выдавалась бы над уровнем верхней плоскости стола и чтобы, при необходимости, локти работающего могли бы свободно опираться о стол, размеры верхней доски 1200 X 800 мм. Верхняя плоскость стола ограничивается с трех сторон, кроме обращенной к работающему, бортиками высотой 25—30 мм. Полезно, чтобы стол имел несколько выдвижных ящиков, куда помещают чертежи, эскизы, руководства, мелкий инвентарь, ценные металлы, предназначенные к впаиванию в стекло и другие мелкие предметы (точило, нож).

Верхняя плоскость стола (рис. 20) покрывается обязательно асбестированным паранитовым листом толщиной 2—3 мм. Это требование рекомендуется строго соблюдать, так как нередки случаи, когда разогретое стекло кладут на деревянную поверхность стола, а это вызывает разогрев древесины, тление с выделением едкого дыма, иногда возгорание и даже пожар. Паранит кладут не до самого конца стола, а на расстоянии 100—150 мм от края, чтобы рукава работающего не задевали лист и не обрывали его.

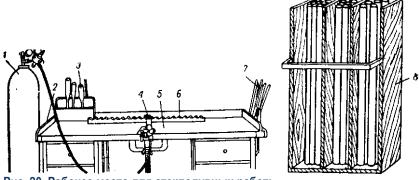


Рис. 20. Рабочее место для стеклодувных работ: 1—баллон с кислородом; 2—рабочий стол; 3—хватки; 4—газовая горелка; 5—листовой параиит; 6— подставка; 7—развертки; 8—стойка для хранения трубок.

Инвентарь, приспособления, оборудование и оснастку следует располагать таким образом, чтобы все было под рукой. Практикой доказано примерно следующее расположение. В середине края стола перед работающим крепится стеклодувная газовая горелка для получения необходимого пламени. Справа от основной горелки (вблизи стола на полке или в шкафчике) помещают малые горелки, необходимые для получения небольшого узкого или острого пламени. Для подвода горючего газа, воздуха, кислорода применяют надежные гибкие резиновые шланги, которые располагаются под верхней доской стола. Это делается для того, чтобы шланги, во-первых, не мешали работе, и, вовторых, не подвергались возможным повреждениям, что неминуемо приведет к несчастному случаю. Параллельно длине стола, на расстоянии 500— 550 мм от работающего, надо поместить деревянный брусок (подставку), имеющий на расстоянии 4—5 см друг от друга возвышенности (зубцы) и углубления (впадины). Наличие такой подставки, служащей для помещения горячих заготовок и изделий, совершенно необходимо, чтобы избежать соприкосновения горячего стекла с холодными предметами (это ведет к растрескиванию стекла) и для предохранения рук от ожогов, неизбежных при беспорядочном размещении предметов на рабочем столе. Длина подставки 600—700 мм. Чтобы стекло не соприкасалось непосредственно с древесиной, все деревянные приспособления и инструмент до начала работы необходимо обуглить легкой обработкой в пламени горелки.

По углам стола для помещения заготовок, полуфабрикатов, деталей и других предметов устанавливают штативы. На правой боковой стороне стола крепится планка с прорезью для помещения различных инструментов (развертки, ножницы, крючок для резки стекла). К левой боковой стороне крепят крючки для подвешивания щипцов, форм, хватков и др. Вблизи рабочего места (в шкафу или на полке) располагают различные приспособления: катки, пламяотражатель и др. В центре стола ставят банку с раствором хлористого натрия (поваренная соль) с помазком. Раствор необходим для того, чтобы в случае наблюдения начала расстекловывания (появление матовости, помутнение) ввести небольшое количество раствора в пламя горелки и продолжать обработку. В большинстве случаев помутнение после этого исчезает.

Стеклянные трубки — основной полуфабрикат для всех стеклодувных работ — хранятся, как правило, в материальной кладовой по сортам стекла, по диаметрам и толщине стенок. Для текущей работы полезно иметь рядом с рабочим местом небольшой запас разнообразных, наиболее часто употребляемых трубок. Трубки следует хранить в специально оборудованном деревянном шкафчике с подразделениями на отдельные отсеки — клетки. В каждой клетке хранятся трубки только одного сорта стекла, диаметра и толщины стенки. Для удобства пользования хорошо прикрепить к каждой клетке бирку-ярлык с обозначением сорта стекла. Трубки в шкафчике хранятся в стоячем положении. Необходимо учитывать, что при длительном хранении трубки покрываются пылью, как снаружи, так и внутри, поэтому торцы трубок следует тщательно закрывать.

Пользоваться запыленными трубками нельзя, так как при обработке в пламени горелки это может привести к помутнению и расстекловыванию. Брать трубку из стойки надо всегда внимательно и осторожно. Небрежное и опрометчивое обращение со стеклянными изделиями вызывает их поломку, порезы рук, образование царапин на стекле, отражающихся на дальнейших стеклодувных операциях.

При хранении капиллярных и термометрических трубок, края их специально запаивают с обоих концов для предохранения от попадания пыли.

На первоначальной стадии освоения стеклодувных работ следует брать трубки из легкоплавкого стекла № 23 диаметром не более 6—8 мм, с толщиной стенок 0,7—1,0 мм, длиной 250—300 мм. Торцы этих трубок рекомендуется оплавить во избежание порезов рук и губ при поддувании.

Часто приходится обрабатывать и кварцевое стекло, требующее пламени высокой температуры. В этих случаях надо пользоваться особыми кварцедувными горелками, рассчитанными на водороднокислородное пламя и на сжигание газа в кислороде. Следует предусмотреть возможность крепления в отдельном изолированном помещении баллона с кислородом или водородом. Шланг для подачи кислорода должен выдерживать давление не менее 5,0 атм.

Необходимо твердо придерживаться правила — не допускать загромождения стола ненужными и излишними деталями, заготовками и другими предметами, мешающими работе и являющимися источником неприятных происшествий (порезы, ожоги и т. п.).

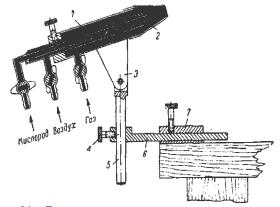
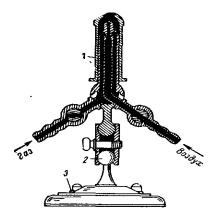


Рис. 21. Большая стеклодувная горелка с тремя кра- Рис. 22. Настольная двухкрановая горелка: нами: 1— металлическая сетка; 2—наконечник; 3 косынка с шарниром; 4— зажимной винт; 5 стержень; 6-латунная пластинка; 7-металлический хомут-



1 — верхняя трубка; 2 — шарнир 3— чугунная подставка.

В многочисленных лабораториях, на разных заводах, фабриках и других предприятиях применяются стеклодувные горелки разнообразных типов. Однако основное их устройство почти одинаково. Главную часть горелки представляют две или три вставленные одна в другую концентрические латунные трубки. На рис. 21 показана большая стеклодувная горелка с тремя кранами. По наружной трубке подается горючий газ, по второй — воздух, по третьей — кислород. В зависимости от потребности можно сжигать газ в смеси с воздухом или в смеси с кислородом, либо в воздухе, обогащенном кислородом. Наружная трубка, по которой подается газ, снабжается на конце сменяемым коническим наконечником; такой же формы наконечник навинчивается и на вторую трубку — для воздуха; на третьей трубке, по которой подается кислород, ничего не крепится, так как отверстие трубки слишком мало (1—1,5 мм). Наконечники одеваются на трубки для того, чтобы получить пламя большего или меньшего размера. До смешения с воздухом или кислородом газ проходит через сетку, чтобы распределиться более равномерной струей. Наружная трубка имеет приваренную металлическую косынку, обеспечивающую посредством шарнира возможность поворота горелки под любым углом. Помимо этого, при помощи стержня и зажимного винта горелка может передвигаться вверх и вниз до определенного предела. Металлический хомут, который прикрепляется к столу, и латунная пластина дают возможность с помощью винта передвигать горелку в направлениях к работающему и от работающего. Такое простое устройство позволяет устанавливать горелку в самые различные положения, необходимые для работы. Во избежание перегрева полезно наружную трубку изолировать асбестом или другим изоляционным материалом.

Трущиеся части этого устройства — стержень и пластину — следует периодически смазывать тавотом. При пользовании горелкой надо учитывать, что зажигать ее можно лишь при закрытых воздушном и кислородном кранах, и что добавка к воздуху кислорода значительно повышает температуру пламени.

На рис. 22 и 23 приведено несколько видов двухкрановых горелок — настольных и ручных. Отличаются они тем, что не имеют трубки для подачи кислорода и сложной системы крепления. Горелка имеет одну трубку с краном для подачи газа, другую — для подачи воздуха. Поверх этих трубок одевается еще одна наружная с наконечником. Поворот горелки под требуемый угол осуществляется с помощью шарнира. Для устойчивости горелка имеет чугунную подставку. К малым ручным горелкам применяют также различные наконечники, которые дают возможность получения ровного без толчков пламени. Ручной горелкой можно спаивать трубки диаметром до 25 мм. Предполагается, что каждая лаборатория имеет подвод горючего газа и установку, обеспечивающую подачу сжатого воздуха, а поэтому способы получения горючего газа и дутья для горелок не приводятся.

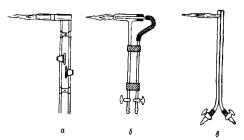


Рис. 23. Ручные двухкрановые горелки: а—металлическая; б—стеклянная; в— для работы в узких местах.

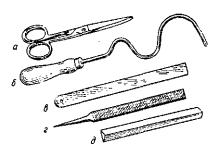


Рис. 24. Режущий инструмент дпя стеклодувных работ. а — ножницы; б —крючок; в — нож: г- напильник; д — призма.

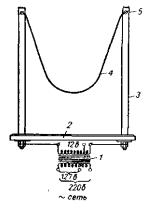
Наиболее часто применяемые инструменты для резки трубок при стеклодувных работах показаны на рис. 24. При индивидуальной работе, вполне удобным инструментом является стальная пластинка (нож) длиной ~200 мм, толщиной 2—2,5 мм и шириной 25—30 мм. Длинные стороны стачивают под углом 45°. Важно, чтобы режущая кромка имела мелкие зазубрины, хорошо видимые через лупу. Если кромку заточить слишком гладко (зашлифовать), нож к резке стеклянных трубок не будет пригоден. Рекомендуется нож делать из победита или марочной стали и после заточки закаливать его в растворе поваренной соли.

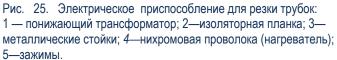
Часто пользуются для нанесения метки различными напильниками. Насечки на напильниках должны быть мелкими. Метки от напильника грубее, чем от ножа.

Для резки трубок диаметром более 25 *мм* применяют металлические крючки с деревянными или пластмассовыми ручками. Размеры изгибов на крючках делаются с расчетом диаметров труб, - подлежащих резке. Крючки изготавливаются из круглой проволоки диаметром 3—6 *мм*. Короткие концы трубок и капиллярные трубки отрезают при помощи трехгранной призмы.

Резку размягченного стекла, в частности фигурную резку, выполняют обыкновенными ножницами.

Трубки и заготовки больших диаметров (>150лш) разрезают часто при помощи приспособления с нихромовой проволокой (толщина 1,0 *мм*), нагреваемой электрическим током (рис. 25). Питание производится электрическим током от городской сети — 127 или 220 в. Рабочее напряжение—12 в.





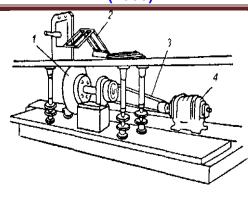


Рис. 26. Механическая пила для резки стеклянных трубок: 1—стальной диск с режущей кромкой; 2—защитная рамка; 3—ременная передача; 4—электродвигатель.

При массовой резке стеклянных трубок применяется механическая пила (рис. 26). Резку производят с помощью стального диска диаметром 300—400 мм, толщиной 3— 4 мм, кромки которого остро затачивают. Такой диск дает ровную круговую трещину и отламывание по метке производится легко и просто. Диск насаживается на вал, приводимый в движение электродвигателем через ременную передачу.

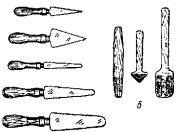


Рис. 27. Типы разверток: а —металлические (латунь, медь); б—деревянные обугленные (или графитовые).

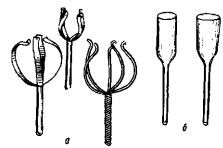


Рис. 28. Типы хватков: а —пружинящие металлические для захвата шаровых колб; б—стеклянные (применяются с асбестовыми или пробковыми прокладками).

Обращение с механической пилой требует строгого соблюдения правил техники безопасности. К работе у пилы допускаются только лица, прошедшие соответствующий инструктаж. Диск закрыт защитной рамкой. Вращение следует производить против часовой стрелки со скоростью 500—600 об/мин. Различные типы металлических, деревянных и графитовых разверток приводятся на рис. 27. При всевозможных стеклодувных работах практикуется операция развертывания, о сущности которой будет сказано далее. Развертки делаются из латуни или меди. Стальные развертки применять не рекомендуется, так как при соприкосновении с горячим стеклом появляется окалина, попадающая на стекло и портящее его внешний вид. Развертку, как и другой металлический инструмент, необходимо содержать в чистоте и порядке, периодически зачищать образовавшиеся шероховатости, неровности, заусеницы, регулярно смазывать жиром или парафином.

При обработке колб, цилиндров и других сосудов необходимо иметь инструмент для их удерживания в разогретом состоянии и при систематическом подогреве в пламени стеклодувной горелки. Такими инструментами являются хватки, которые изготовляют из медных или латунных полосок и выгибают с таким расчетом, чтобы на  $^2/_3$  охватить изделие.

На рис. 28 показаны несколько типов таких хватков. Для надежности в работе концы полосок после помещения изделия связываются асбестовым шнуром или проволокой. Иногда удобно пользоваться стеклянными хватками. Следует избегать соприкосновения стекла со стеклом, поэтому в стеклянные хватки помещают изделия только с асбестовой или пробковой прокладками.

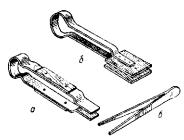


Рис. 29. Типы щипцов: а —металлические; б — с деревянными или графитовыми пластинками; в —пинцет.

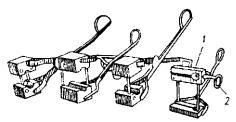


Рис. 30. Формы для стеклодувных изделий: 1— корпус формы; 2—держатель для разъема и соединения.

Для обжатия заготовок, сплющивания размягченного стекла, припайки небольших кусочков стекла и выполнения других подобных операций применяют щипцы и пинцеты разных типов и размеров.

На рис. 29 приведено несколько типов таких щипцов. Щипцы делают из стали, а поручни — из дерева. Рабочие пластины выполняют из латуни, меди или графита. Важно, чтобы рабочие пластины были всегда строго параллельны.

При массовом изготовлении стеклодувным путем тонкостенных однотипных изделий (шар, цилиндр, елочные украшения и другие) пользуются формами (рис. 30) из латуни или алюминия. Формы выгравировано очертание будущего изделия и, когда стекло находится в размягченном пластическом состоянии, заготовка вносится в форму, которая закрывается. Легким поддуванием размягченной заготовки достигается надежное прилегание стекла ко всем стенкам и неровностям формы. Когда форму раскрывают, получается изделие, точно воспроизводящее все очертания формы. За формами требуется регулярный уход: смазка направляющих стержней, удаление накопившейся пыли, сажи и т. п.

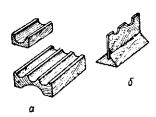


Рис. 31. Типы канавок: а—для утолщения стенок и придания формы; б—для подрезки.

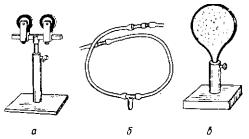


Рис. 32. Вспомогательные инструменты: а —катки или ролики; б —шарнир-тройник для двухстороннего дутья; в—отражатель пламени.

Для выполнения процесса утолщения стенки размягченного стекла, придания нужного размера, формования дна и для других операций применяют канавки, обкатки или колодки. На рис. 31 показаны типы канавок, которые сделаны из дерева твердых пород (дуб, клен, ясень, груша). Полуцилиндры в канавках должны иметь совершенно правильную форму. Как уже отмечалось, размягченное стекло может соприкасаться с деревом после его обугливания. Канавки до начала работ следует обуглить в пламени горелки. Для получения узких, круглых вмятин на стекле (подрезка) пользуются канавкой из толстой фанерки, укрепленной на подставке.

При обработке крупных труб и цилиндров или в случае, когда изделие держать на весу в руках неудобно и трудно, применяют катки или ролики (рис. 32, а). На прочной подставке укреплена втулка, в которую входит передвигающаяся трубка с перекладиной. На перекладине помещены также передвигающиеся ролики. До того, как поместить изделие на ролики для вращения в пламени горелки, в желобки роликов укладывают асбестовый шнур или другую прокладку, чтобы избежать соприкосновения стекла с металлом.

Если надо проводить поддувание с двух сторон, пользуются шарнирным тройником (рис. 32, 6),

состоящим из двух отрезков резинового шланга. Поддуваемый через тройник воздух равномерно распределится по двум шлангам и будет достигнуто двухстороннее дутье.

Для полного использования пламени и создания более высокой температуры пользуются отражателем пламени (рис. 32, в). К металлической проволоке, входящей во втулку на прочной подставке, крепится листовой асбест толщиной 2—2,5 мм. Отражатель ставится при работе таким образом, чтобы пламя горелки после обтекания изделия ударялось в асбест и отражалось обратно на изделие.

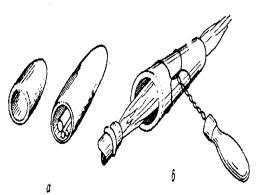


Рис. 33. Асбестовые колпачки (а) и муфель (б).

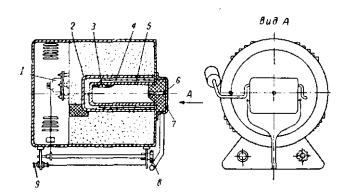


Рис. 34. Схема муфельной электропечи: 1 — терморегулятор; 2— защитный муфель; 3—кварцевая трубка с нихромовым стержнем; 4— нагреватель; 5 —керамический муфель; 6—термопара; 7—дверцы с керамическим вкладышем; 8— рукоятка установки терморегулятора; 9—ввод электропитания.

Во избежание быстрого охлаждения изделия или заготовки, что может привести к возникновению внутренних напряжений и растрескиванию, применяют асбестовые колпачки или муфели различных типов и размеров (рис. 33). Колпачки готовят из асбестовой крошки или листа. Асбест размачивают водой, из образовавшейся массы делают колпачки, а затем их сушат. Толщина стенок колпачков 3—4 мм. Горячее изделие укрывают горячим колпачком или помещают в горячий муфель для постепенного охлаждения.

Небольшие тонкостенные изделия после изготовления отжигают непосредственно на горелке в восстановительной зоне, более крупные и сложные изделия подвергаются отжигу в специальных печах. Наиболее распространены и вполне оправдали себя в работе электрические муфельные печи (рис. 34). Отжиг стекла после изготовления необходим почти во всех случаях для устранения или смягчения внутренних напряжений.

Помимо перечисленных инструментов и приспособлений при выполнении стеклодувных работ надо иметь под рукой наждачный камень для точки и заправки ножей, набор вольфрамовых игл различной толщины, необходимых для прокалывания отверстий в размягченном стекле или создания углублений и выпуклостей, металлический ящик для боя стекла и отходов.

# Глава 3. ОСНОВНЫЕ СТЕКЛОДУВНЫЕ ОПЕРАЦИИ

**Зажигание газа.** Вся обработка стекла при стеклодувных работах производится в пламени горелки. В качестве горючего применяется в настоящее время почти повсеместно смесь природного и сланцевого газов от городской газовой сети, подающаяся с избыточным давлением в 130—150 *мм вод. ст.*. Состав газа следующий (в %):

Метан 85,14Углекислый газ 2,36Водород 4,46Азот 4,66Окись углерода 2,24Прочие газы 1

Калорийность газа — 8000 кал/м³; горит слегка голубоватым, некоптящим пламенем. Сжигание газа происходит с применением воздушного дутья, подаваемого по сети сжатого воздуха от компрессоров и воздуходувок с избыточным давлением 150—180 мм вод. ст. Газ и воздух подаются к горелкам через отростки и Шланги от газопровода и воздуховода. Отростки вмонтированы в основные трубы и имеют краны для регулирования доступа газа и воздуха\*¹.

Зажигание стеклодувной горелки является простой операцией, но, учитывая, что в практике бывали серьезные ошибки, которые приводили к ожогам, взрывам и другим несчастным случаям, следует строго придерживаться следующего порядка. Сперва надо убедиться, что все краны на основных газопроводе и воздуховоде, а также у горелок закрыты. Открывают полностью кран воздуха у горелки, затем кран газопровода. Спичку подносят к устью горелки сбоку (не наклоняясь). Газ вспыхнет широким коптящим пламенем вверх (дутья нет, так как кран воздуховода закрыт), (рис. 35); поворотом газового крана уменьшают доступ газа. Зачтем плавным поворотом пробки крана у воздуховода устанавливается нормальное дутье (без отрыва пламени), факел приобретает вытянутый вид, непригодный для стеклодувных работ. Поворачивая поочередно краны для воздуха и газа у горелки, производят регулировку факела до тех пор, пока установится ровный несколько голубоватый острый факел без признаков копоти. При подаче излишнего дутья пламя будет отрываться от устья горелки. Если пламя проскакивает внутрь горелки, то следует немедленно закрыть кран для газа и через некоторое время (1 —1,5 мин) зажечь снова.

Различают обычно три зоны факела (рис. 36). Пламя, начинающееся непосредственно у устья горелки, называют первой или восстановительной зоной. Эта зона характеризуется самой низкой температурой (300—520°C), и проводить нагревание стекла до рабочего состояния здесь, конечно, невозможно. За ней следует вторая зона — полного сгорания, имеющая наиболее высокую температуру (1540—1560°C). Третья зона — окислительная, соприкасается непосредственно с кислородом воздуха, имеет также высокую температуру 1540° С. Тепловую обработку стекла надо вести на границе второй и третьей зон. Если необходимо получить более высокую температуру — 1800° С и выше, к воздушному дутью добавляют кислород, а иногда воздух полностью заменяют кислородом. Работать с кислородным пламенем можно только после прохождения специального инструктажа. Кислородное пламя быстро разогревает стекло, что во многих случаях не требуется. Стекла химиколабораторных составов в кислородном пламени быстро становятся почти текучими и не поддаются обработке. Размер и характер пламени горелки очень важны при выполнении всех стеклодувных работ. Правильное регулирование пламени горелки способствует выполнению самых сложных операций. Рекомендуется работать всегда на относительно среднем пламени. Лишь в некоторых случаях, например для разогревания крайне малого участка, где намечается сделать отверстие, употребляют острое пламя. Широкое сильное пламя применяют для обогревания значительного участка трубки большого диаметра или шара. До начала опытных работ с трубками следует научиться

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Раньше в качестве горючего для стеклодувных горелок применяли керосин, бензин и их пары, светильный газ, газ коксовых печей и т. п. Дутье осуществляли накачиванием воздуха через меха. Накачивание производилось непосредственно работающим одновременно с выполнением основной стеклодувной операции.

управлять пламенем и уметь, быстро регулируя доступ воздуха, газа, а иногда кислорода, получать различные виды пламени: большое, широкое, среднее, а также узкое, тонкое и острое.









Рис. 35. Зажигание газа: а — зажигание газа (кран для воздуха закрыт); б—уменьшение доступа газа поворотом крана; в— пуск воздуха; г—регулировка пламени.

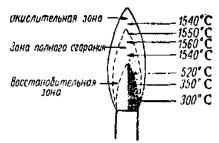


Рис. 36. Структура пламени и распределение температур.





Рис. 37. Размягчение стекла: а — размягчение стеклянной палочки в пламени горелки; б —стенание размягченного стекла в виде капли.

Гашение пламени производят следующим образом. Сначала перекрывают кран воздуховода (пламя при этом устремится вверх), затем — кран газопровода. После этого остаток газа в шланге и в корпусе горелки спокойно догорит и горелка погаснет; потом закрывают краны газа и воздуха у горелки. Нельзя закрывать сначала кран газа, так как в этом случае пламя сразу погаснет, а оставшийся в шланге и в камере горелки газ пойдет в помещение, что очень опасно.

**Размягчение стекла.** Известно, что стекло не имеет точно установленной точки размягчения, но для каждого сорта стекла опытным путем находится температура размягчения.

На рис. 37 показан простейший прием по размягчению стекла. Стеклянная палочка вводится под углом в пламя горелки и постепенно нагревается. Основное нагревание проводят в Пламени на границе окислительной зоны и зоны полного сгорания. Стекло начинает размягчаться, вязкость снижается, оно приобретает текучесть и, подчиняясь законам жидких тел, стекает в виде капли. Вязкость размягченного стекла составляет 10<sup>11</sup> nз.

В лабораторных условиях температуру размягчения стекла определяют на специальных установках, где основным прибором является трубчатая электрическая печь (рис. 38). Две стеклянные нити толщиной 0,6—0,7 мм, длиной около 600 мм, вытянутые из кусочка испытуемого стекла, помещают в трубчатую печь. Один конец стеклянных нитей закрепляется к стойке-держателю, а другой конец, соединенный с хлопчатобумажной нитью, перебрасывается через блок с грузом, который снабжен стрелкой, передвигающейся по угловой шкале. Температуру замеряют термопарой с гальванометром и

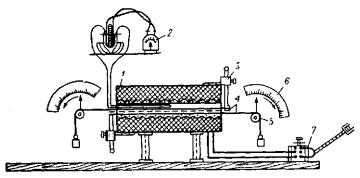


Рис. 38. Установка для определения температуры начала размягчения стекла: /—трубчатая электропечь; 2— термопара с гальванометром; 3—держатель нити; 4—стеклянные нити, помещенные в обогреваемой части печи; 5— блок с грузом; 6—угловая шкала; 7—автотрансформатор.

отмечают размягчение нити по ее удлинению и отклонению стрелки. Нагревание печи осуществляют через автотрансформатор. Точку размягчения определяют графически. Для обычных промышленных стекол начало размягчения наступает при 400—500° С в зависимости от сорта стекла.

**Простейшие операции.** Выполнение всего многообразия стеклодувных работ сводится, в основном, к ряду простейших, сравнительно немногочисленных операций. Надежное освоение этих простейших операций является лучшей гарантией того, что стеклодувное дело будет успешно освоено в целом. С самого начала не следует пренебрегать мелочами, необходимо учитывать накопленный десятилетиями опыт многих стеклодувов и придерживаться рекомендаций руководств. Следует предостеречь от широко распространенной ошибки браться за последующие операции, предполагая их простоту, не освоив полностью предыдущей. Основными операциями являются:

- резка трубок и палочек;
- вращение трубок и заготовок в пламени горелки;
- оплавление концов трубок;
- растягивание размягченных трубок;
- развертывание концов трубок;
- осаживание стекла;
- формирование круглого и плоского дна;
- выдувание шара;
- сгибание трубок и палочек;
- спаивание (простое, тройниковое и внутреннее) и припаивание, получение отверстий;
- спаивание стекла с металлом и т. д.

Чтобы избежать порезов рук на первоначальной стадии освоения, рекомендуется для экспериментов брать отрезки трубок с оплавленными концами диаметром 6—8 *мм*, толщиной стенок 0,7—1,0 *мм* и длиной 250—300 *мм*.

Резка трубок. В зависимости от диаметра, толщины стенок и длины отрезка выбирают один из принятых способов резки трубок. От качества резки зависит успех дальнейших операций. Сечение правильно отрезанной трубки должно быть строго перпендикулярно к ее длине, края отрезанной трубки — блестящими, чистыми, ровными, без зазубрин или трещин. При правильной резке и дальнейшем спаивании шов получится гладким и незаметным; в случае необходимости дальнейшего оплавления края последний при нормальной резке получится чистым, блестящим, полукруглым. Особенно недопустимо начинать работу с отрезком трубки, имеющем на торцевом конце даже небольшие трещины от неправильной резки. Такие трещины при нагревании растрескиваются еще больше и почти никогда не удается их заплавить. Вся затраченная энергия не дает никакого результата. Первой операцией при резке, независимо от способа, является нанесение метки (ножевой надрез). Метка наносится «ножом» или напильником с очень мелкой насечкой. Трубку, намеченную к резке, берут в левую руку, опирают на передний край стола, который для этой цели имеет специально сделанную

полукруглую выемку, и инструментом наносят метку. Нанесение метки производят не посредством «пиления», а надавливанием правой рукой с ножом или напильником на трубку, при этом последнюю левой рукой поворачивают на некоторый угол (на 1/5—1/6 диаметра трубки). Этого достаточно, чтобы получить метку, вполне ощутимую, если по ней провести пальцем. Для точности рекомендуется большой палец левой руки поместить у места наносимой метки. Таким образом, палец служит как бы направляющим для инструмента.

При нанесении ножевой метки не следует делать глубоких и широких царапин, они могут впоследствии вызвать лишь снижение /качества оплавления и спаивания, а процесс резания от этого нисколько не улучшится.

Различают три способа резки: холодный (на излом), горячий, механизированный.

Холодный способ применяют для резки трубок с диаметром не более 25 мм. Этим же способом режут капиллярные, барометрические трубки и стеклянные палочки. После нанесения метки трубку берут двумя руками, причем метка остается в середине, и, прилагая постепенно увеличивающиеся усилия изгиба и растяжения, производят излом. При нормальном отжиге трубки и четкой метке излом произойдет точно по намеченной черте. Усилия по излому делаются в направлении, противоположном нанесенной метке, рис. 39, а.

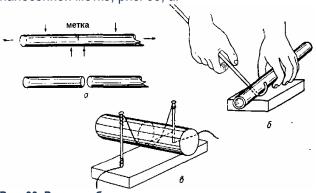


Рис. 39. Резка трубок: а —холодный разрез (на излом); б—при помощи раскаленного крючка; в —при помощи проволоки, накаливаемой током.

Удобно производить резку с помощью трехгранной призмы. Трубку с нанесенной меткой кладут на вершину призмы (меткой вверх) и быстрым ударом ножа по короткому концу производят излом трубки.

Горячий способ резки подразделяется на несколько видов.

1. Резка горячим концом стеклянной палочки или трубки. Горячим способом режут обычно трубки диаметром >25 *мм*.

При диаметре 40 *мм* и более следует на трубку наносить не одну, а три-четыре метки по окружности, на равном расстоянии друг от друга.

Резку горячим концом стеклянной трубки или

палочки осуществляют так: конец трубки или палочки сперва нагревают в пламени горелки до размягчения и пинцетом или щипцами оформляют конец в виде «лопаточки»; эта лопаточка разогревается в пламени до появления признаков красного каления. Раскаленную лопаточку прикладывают к метке до тех пор, пока не произойдет характерный треск и появится круговая трещина. Если трещина не будет круговой, то производить излома не следует, а лучше передвигать горячую палочку по окружности; трещина в этом случае как бы бежит за лопаточкой до соединения с началом, т. е. до замыкания круговой трещины. По круговой трещине трубка легко и ровно отламывается. Прикладывать раскаленную лопаточку к трещине следует осторожно и ненадолго: могут появиться несколько мелких трещин в различных направлениях и отрезанный край получится неровным и волнистым.

2. Резка крючком или раскаленной нихромовой проволокой. Крючком разрезаются трубки диаметром до 60 мм (рис. 39,6). Полуокружность металлического крючка нагревается до красного каления, трубка с нанесенными метками помещается в нагретую полуокружность так, чтобы метка соприкасалась с раскаленным металлом крючка. Вращение трубки производят левой рукой и неравномерно. Сперва два-три оборота проводят быстро, чтобы стекло успело равномерно разогреться, а затем вращение производят медленно до появления характерного треска и образования трещины. Медленный нагрев по окружности обеспечивает распространение ровной трещины.

Трубки диаметром >60 *мм*, цилиндры, широкие сосуды удобно резать с помощью раскаленной нихромовой проволоки (см. рис.25). Проволока раскаляется электрическим током и на нее помещают предмет, подготовленный к резке (рис. 39, в). При вращении предмета в петле плоскость меток

разогревается и в результате также получается круговая трещина. Иногда на место разогрева наносят несколько капель холодной воды, что ускоряет образование трещины.

3. Резка острым пламенем. Этот способ применяется довольно часто для трубок большого диаметра. На малой горелке получают очень острое иглообразное пламя. Трубку с метками вносят в пламя и поворачивают сперва (два-три оборота) довольно быстро, а затем вращение замедляется. Когда стекло достаточно разогреется, произойдет растрескивание по окружности. Если трещина не появляется, полезно коснуться холодной палочкой, смоченной в воде, или даже сильно подуть на это место и появится правильная круговая трещина.

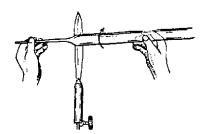
Часто приходится обрезать неровные концы трубки. Делать это изломом довольно трудно даже при небольшом диаметре трубки (<25 мм). В таких случаях пользуются разогретым концом стеклянной палочки.

Резку трубок можно производить и путем разогрева самой трубки. Для образования трещин трубку прогревают в пламени горелки и к нанесенной метке прикладывают холодную, слегка смоченную водой стеклянную трубку или палочку. Этой трубкой или палочкой проводят движение, напоминающее надрез, но никакого усилия не прилагают. При резке узких трубок такой способ дает хороший эффект. Край трубки получается ровный и гладкий.

Применяется иногда и резка размягченного стекла обыкновенными ножницами. Это делается только в тех случаях, когда требуется фигурная резка и габариты трубки, цилиндра или сосуда позволяют осуществить такую резку. В этом случае надо особо строго соблюдать меры предосторожности и следить, чтобы стекло было достаточно размягчено, так как при охлаждении стекло становится хрупким, не режется, ломается и может привести к несчастным случаям (порезы, ожоги и т. п.).

Механизированный способ. При проведении резки трубок заданного размера в массовых количествах пользуются специальными механизированными пилами (см. рис. 25).

При резке трубок большого диаметра не следует делать сплошной прорези, а последовательным передвижением по окружности надо нанести прорези, отделенные друг от друга на расстоянии 5— 6 мм. После этого можно прорезать и промежуточные участки, а затем нужный отрезок отломается ровно и легко. Можно над диском установить воронку с абразивной кашицей и с помощью проволочки, идущей от спускного отверстия воронки, подавать абразив к месту резки. Резка при этом пойдет успешнее. В качестве абразива применяют карборунд № 100—120. Тонкостенные кварцевые трубки разрезают, используя наждак 325-230.



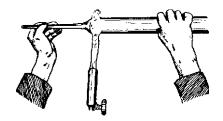


Рис. 40. Положение пальцев рук при вращении и нагревании. Рис. 41. Вращение трубок больших диаметров.

Вращение трубок и заготовок в пламени горелки. Все стеклодувные работы связаны с предварительным разогреванием и размягчением стекла, так как только в таком состоянии можно производить необходимый вид формования: раздувание, изгиб, растяжение, прокол, спаивание и другие операции. Размягчение осуществляется путем равномерного нагревания трубки или изделия в пламени стеклодувной горелки, а достигается это равномерным вращением предмета в пламени. Равномерность вращения при нагревании необходима для того, чтобы не было случаев растрескивания и перегрева. Положение пальцев рук при вращении трубок небольшого диаметра (до 25 мм) видно из рис. 40. Трубку берут пальцами обеих рук, причем для удобства равномерного вращения ее сначала помещают между большими и указательными пальцами, на средние она опирается, но затем средние и безымянные пальцы также оказывают помощь при вращении; мизинец, как правило, в приемах вращения не участвует. Вращение производят от себя, как указано стрелкой на рис. 40. Некоторые очень опытные мастера (С. Веселовский) рекомендуют производить переменное

вращение, при котором делается пол-оборота трубки от себя и пол-оборота на себя. При всех приемах вращения надо следить за тем, чтобы один конец трубки был бы открытым. Равномерность вращения, на первый взгляд, кажется весьма простой, несложной операцией. Однако при первых же попытках ее выполнения в пламени горелки начинающий убеждается, что это не так просто и, как правило, при удалении трубки из пламени получается либо недогрев, либо перегрев, повлекший слипание, «перекручивание» и другие дефекты. Для развития навыков вращения трубок некоторые мастера рекомендуют начинать освоение с вращения вне пламени, при этом лучше брать отрезки двух одинаковых трубок, соединив их плотной тканью. Вращение трубок и заготовок больших диаметров отличается от приемов, описанных выше. В этих случаях приходится трубку брать правой рукой, которая служит как бы втулкой. Вращение проводится в одну сторону — от себя (рис. 41).

Когда приходится проводить стеклодувные работы с тяжелыми изделиями (сосуд, цилиндр), то для облегчения работы изделие помещают на ролики (рис. 32 а), в пазы которых укладывают асбестовые прокладки. К сосуду для удобства вращения припаивают временно трубку малого диаметра — державу (рис. 42).

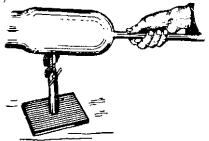




Рис. 42. Вращение тяжелых сосудов на роликах.

Рис. 43. Оплавление края трубки: а — край трубки после резки; б — после оплавления.

Оплавление концов трубок. До того, как приступить к приемам размягчения стекла, полезно провести ряд упражнений по оплавлению концов трубок. Для этого целесообразно использовать трубки и палочки диаметром 5—6 мм, которые надо держать под углом примерно 15° к факелу. Трубка или палочка сперва подогревается вблизи пламени, а затем вносится постепенно в пламя, причем помещается на границе второй и третьей зон, т. е. на расстоянии Уз от верха пламени. Надо строго придерживаться основного правила равномерности — во время обогревания трубку или палочку необходимо вращать вокруг своей оси.

В зависимости от размера изделия следует регулировать и пламя горелки. Разогревать участок надо на протяжении 2—3 диаметров трубки или палочки. Когда конец палочки или край трубки округлится и не будут заметны резкие грани, оплавление считается законченным (рис. 43). После оплавления надо торцы отжечь на горелке в первой зоне пламени.

Оплавленное изделие помещают на подставку, ни в коем случае не оставляют под рукой на столе, так как это очень часто ведет к ожогам. Участок, подлежащий размягчению, до начала разогревания надо тщательно очистить от пыли, жира, ниток и других посторонних предметов. Холодное стекло вводить в пламя следует осторожно сначала в нижнюю часть пламени и постепенно, при обязательном непрерывном вращении, разогревать до нужной степени вязкости или до рабочего состояния, при котором производятся все стеклодувные операции.

Рабочее состояние определяют по цвету. Разные составы стекла имеют при нагревании и различные цветовые оттенки: от ярко-белого — для кварца до темно-красного— для молибденового стекла. Наиболее распространенное для химико-лабораторной аппаратуры стекло № 23 имеет в рабочем состоянии красноватый цвет. Описать все оттенки свечения различных стекол не представляется возможным. При некотором навыке в работе отличить рабочее состояние, т. е. установить момент, когда можно приступать к манипуляциям со стеклом, не представляет особого труда. При введении стекла в пламя горелки голубоватый цвет факела начинает меняться. В частности, при обработке стекла № 23, имеющего в своем составе ~10% окиси натрия, пламя приобретает ярко-желтое свечение, характерное для паров натрия. При длительном свечении рекомендуется трубку перенести в окислительную зону, конечно, при постоянном вращении.

Толстостенные трубки и. заготовки следует вводить в пламя с особой осторожностью и после некоторого подогревания поместить их в восстановительной зоне (у самого устья горелки), выключив при этом воздух. Для доведения стекла до размягченного состояния требуется время, которое зависит от состава стекла, толщины стенок, диаметра трубки, температуры факела и других факторов. Доведение до размягчения трубки из стекла № 23 диаметром 10 *мм* при толщине стенок 1,0 *мм* на горелке, сжигающей газ городской сети, при воздушном дутье, требует примерно 40—50 *сек*.

Растивание размягченных трубок. В практике стеклодувных, работ растягивание является очень распространенной операцией, а потому ее освоению надо уделить особое внимание.

Нагревание следует вести на участке длиной 10—15 мм, т. е. примерно на 1—1,5 диаметра трубки. Предполагается, что упражнения ведутся с отрезками трубок диаметром 6—8 мм, как указывалось выше. На начальной стадии освоения не рекомендуется растягивать трубку близко от края. Это неизбежно поведет к растрескиванию или отскакиванию отдельных осколков стекла. На конце трубки всегда имеются микроскопические, невидимые трещинки, которые, попадая в нагреваемую зону, стремятся к расширению. Весьма полезно при освоении операции растягивания пользоваться отрезками трубок, имеющих долевую полоску цветного стекла (в продаже они называются «для бюреток»). Цветная полоска как бы сигнализирует о том, какие допущены ошибки при растягивании, насколько произошло смещение от центра, «закручивание» и т. п.

Как уже указывалось, до внесения в пламя трубку следует очистить, протереть мягкой тряпкой, особенно в холодную погоду. Это предохранит трубку от растрескивания. Трубку надлежит взять обеими руками, совершенно симметрично, ладони обращены к работающему. Локтями или несколько ближе к кистям опираются на край стола. Прогревая, трубку вращают некоторое время перед пламенем, а затем при появлении желтого свечения вносят в пламя на границе второй и третьей зон, продолжая ее вращать. Очень важно, чтобы вращение производилось одновременно обеими руками, абсолютно симметрично, иначе неизбежно появление дефектов — «перекручивание», слипание и др.

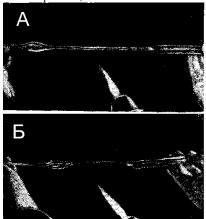


Рис. 44. Растягивание заготовки: а —при равномерном вращении заготовки "плечики" получаются симметричными и одинаковыми; б — при рывке или неравномерном вращении "плечики" получаются неправильной формы, заготовка непригодна для дальнейшей обработки.

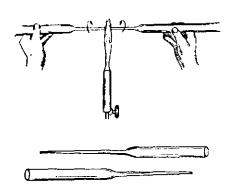


Рис. 45. Получение двух кусков трубок с державами.

Размягчение нагретого участка становится заметно не только по характерной окраске, но и по тому, как трубка в этот момент, под влиянием собственного веса, стремится к прогибанию. Это очень опасный момент и если упустить его, то неминуем брак. Если слишком долго держать трубку в пламени и удерживать от прогибания, то разогретое место в силу сцепления частиц начнет утолщаться и возможен полный заплыв просвета трубки. На практике редко требуется такое уничтожение просвета, а при растягивании следует в момент размягчения, т. е. когда появятся признаки утолщения стекла в месте разогревания, вывести трубку из пламени и, продолжая вращение вокруг оси, легко и плавно растянуть ее. Растягивание следует вести спокойно, без рывков, но и не очень медленно, так как тонкостенная трубка может быстро остыть и растянуть ее не удается. При правильном растягивании «плечики» перехода трубки от широкого диаметра к узкому получаются вполне симметричные (рис. 44).

При рывке или неравномерном вращении «плечики» получаются неправильной формы, заготовка непригодна для дальнейшей работы.

При растягивании на каждой части трубки появляется конусообразное удлинение небольшого диаметра. Длина и диаметр растянутой части зависят от скорости растягивания. Чем медленнее растягивать, тем короче будет растянутая часть и тем больше диаметр. Растянутую часть нагревают посередине на пламени горелки; стекло в этом месте расплавляется, отверстия запаиваются и получаются два одинаковых отрезка с конусообразными «хвостиками», называемыми державами. Растянув трубку, некоторое время (5—6 сек) надо продолжать вращать и слегка подтягивать ее, иначе державы будут косыми вследствие стремления стекла к провисанию.

На рис. 45 показан прием переплавления растянутой трубки для получения двух частей трубок с державами. Если подержать очень недолго растянутую часть в пламени, то происходит размягчение узкой части трубки и запаивание концов. После переплавления в каждой руке оказывается кусок трубки с державой. Заплавлять острые концы рекомендуется для того, чтобы избежать порезов, уколов п других неприятных явлений.

Державы при стеклодувных работах играют существенную роль и имеют несколько назначений. Вопервых, ими пользуются как ручками для проведения всех дальнейших операций, во-вторых, через державу, открыв запаянный конец, производят требующееся поддувание, в-третьих, часто держава служит для ускорения оформления дна, как, например, у пробирки. Держава должна быть прочной, достаточно длинной и симметричной.

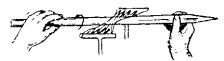


Рис. 46. Двухстороннее нагревание.

При работе с трубками пли заготовками больших диаметров пользуются двухсторонним нагреванием. Такой способ сокращает время нагревания, повышает производительность труда и обеспечивает более равномерное нагревание (рис.46).

Иногда по условиям работы требуется оттянуть державу на конце трубки. Для этого пользуются стеклянной палочкой или

трубкой, которую после нагревания припаивают к подогретому концу трубки. Схема оттягивания державы на конце трубки с помощью стеклянной палочки приведена на рис. 47.



Рис. 47. Оттягивание державы на конце трубки с помощью стеклянной палочки: а—нагревание конца палочки и трубки в пламени горелки и припаивание палочки к трубке; б—медленное и равномерное оттягивание державы.

У капиллярных (с очень узким просветом) и барометрических трубок оттянуть державы описанным способом не удается. В этих случаях пользуются приемом предварительного раздувания шара. В том месте, где предполагается произвести растягивание и получить державу, трубку при вращении нагревают, в результате происходит накапливание некоторого количества стекломассы. Затем раздувают небольшой шарик. Поддувание надо вести без напряжения, не прекращая нормального дыхания. Шарик этот вторично разогревают и

растягивают с получением держав (рис. 48).

Вытягивание узкой трубки из трубки большего диаметра производят с помощью «пульки». Пулька — короткий отрезок трубки с двумя державами. На широкой трубке образуют сперва пульку длиной 70— 80 мм. Пульку разогревают на широком пламени и выдувают небольшой шарик (рис. 49). На узком пламени в местах перехода шарика в державы стекло нагревают и доводят до диаметра требуемой узкой трубки. Шарик снова нагревают и при непрерывном вращении растягивают в трубку заданного размера, концы держав обрезают.

Иногда трубка в процессе вытягивания прогибается. В этом случае следует еще раз нагреть ее и продолжать вращение; трубку выравнивают, а для полного затвердевания укладывают ее на ровную горизонтальную поверхность. Иногда нужно вытянуть очень тонкую трубку — «соломку». Эту работу

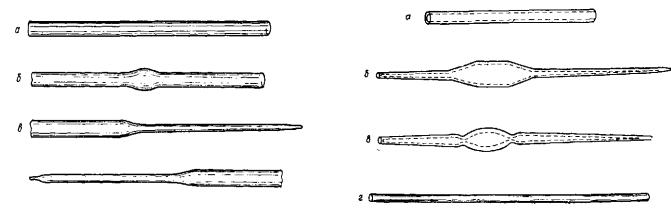


Рис. 48. Получение державы на узких капиллярных и барометрических трубках:

а — заготовка; б —раздувание шарика: в —получение держав после вторичного разогревания шарика.

Рис. 49. Вытягивание узкой трубки из трубки большего диаметра: а — заготовка; б —раздувание пульки после нагреваниям—выдувание шарика; г—получение из шарика трубки заданного размера.

выполняют два человека. Один нагревает пульку описанным способом, а другой — вытягивает ее, при этом он держит одну из держав в руках и удаляется на значительное расстояние от удерживающего первую державу. Во время вытягивания надо производить равномерное вращение, а иногда и легкое поддувание, чтобы не получались сползания или закручивания стекла.

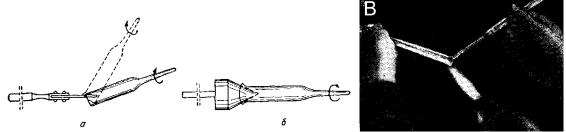


Рис. 50. Развертывание края заготовки:

а —с помощью плоской графитовой развертки; б—с помощью конусной графитовой развертки со снятыми фасками или обугленной деревянной; в —положение рук при развертывании.

Развертывание концов трубки. В качестве инструмента при этой операции употребляют деревянные, графитовые и металлические развертки (см. рис. 27). Известны два приема развертывания: 1) с помощью плоской развертки и 2) с помощью конусной развертки. Как при первом, так и при втором приемах конец ровно обрезанной заготовки с державой нагревают при вращении в пламени. Прогревается участок заготовки, равный 1,5—2 диаметрам трубки, торец размягчается на 2—3 мм. После этого в заготовку, которая продолжает оставаться в пламени, вводят горизонтально расположенную развертку и, вращая заготовку за державу, достигают нужной ширины ранта или разбортовки. Постепенно приподнимая заготовку вверх (рис. 50, а), получают правильно развернутый край. Давления на развертку оказывать не следует, так как стекло в размягченном состоянии легко принимает любую форму. Если же стекло успело остыть, то приложение силы приведет только к растрескиванию и порче заготовки. При неудавшейся почему-либо операции развертывания можно процесс повторить.

При проведении развертывания с помощью конусной развертки разогревание ведут таким же образом, но поднимать заготовку уже не следует. В этом случае заготовку и развертку нужно вращать (рис. 50,6). Развернутый край необходимо отжечь, выдержав его недолго (около 40—50 сек) в средней зоне пламени до появления желтого свечения. При нагревании и размягчении слишком большого участка трубки развертывание проходит неудачно, полу чаются большие развернутые поля. Это можно устранить повторным нагреванием и последующим повторением развертывания.

Осаживание стекла. Стекло в размягченном состоянии под действием силы тяжести и поверхностного натяжения стремится изменить свою форму. В практике часто обращаются к операции

по перемещению части стекла, что и называют осаживанием. Примерами осаживания являются приемы по утолщению стенки, уменьшению диаметра шара или трубки, заплавлению конца трубки и т. п.

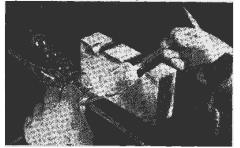


Рис. 51. Пользование обкаткой при осаживании стекла.

Осваивать процесс осаживания начинать с шариков небольшого диаметра (15-20 мм). Шарик с обычными предосторожностями при постоянном вращении вносят в широкое пламя горелки. Когда стенки шарика достаточно разогреются начнут размягчаться, поверхности его появятся как бы морщинки п, если не принять своевременных мер, то эти морщинки перейдут в складки и изделие будет испорчено.

Избежать этого можно, если использовать находящийся внутри шарика воздух, который во многих случаях является надежным помощником при стеклодувных работах. При нагревании шара или трубки нагревается и находящийся внутри воздух, поэтому, регулируя давление воздуха, можно избежать порчи изделия. Когда стенки нагретого шарика начинают хотя бы немножко морщиниться, надо пальцем руки закрыть отверстие в трубке. Нагретый воздух повышает свою упругость и препятствует образованию складок, благодаря чему шарик все время уменьшается в объеме, а стенки становятся толще. Это характерный пример осаживания.

При осаживании часто пользуются несложными деревянными или графитовыми приспособлениями (канавки, обкатки, колодки) (см. рис. 31), которые облегчают и ускоряют осаживание стекла. На рис. 51 показано, как пользуются обкаткой при необходимости набрать больше стекла на одном участке изделия.

При сильном разогревании и горизонтальном положении трубок масса стекла иногда скапливается в месте разогревания, что может привести к неровности, заливам и другим дефектам. В таком случае необходимо время от времени менять положение трубок, попеременно перемещая их вверх, вниз, вправо, влево, тогда стекло, вследствие его текучести, равномерно распределится по всей поверхности. Прием осаживания играет большую роль в стеклодувном деле. Очень часто на определенном участке надо накопить достаточную массу стекла, без чего успешное выполнение дальнейших операций невозможно. Кроме того, при осаживании наглядно видна роль большого или малого пламени, поэтому над процессами осаживания надо упорно поработать и полностью освоить эту операцию.

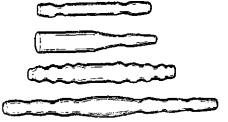


Рис. 52. Переходные трубки с оливками различных типов.

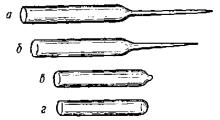


Рис. 53. Формирование круглого дна: а— оттягивание державы; б—сокращение державы; в—утолщение дна; г—формирование дна.

Очень часто концы отдельных трубок должны быть надежно соединены с резиновыми гибкими шлангами. Для этого на их концах формируются переходные утолщения, кольцевые выпуклости (оливки). Острые режущие кромки трубок оплавляются. Оливки получают путем нагревания небольшого участка трубки на малом огне до размягчения. При достаточном размягчении трубки просвет на узком участке делается еще уже. Дальнейшим нагреванием узкого места и осаживанием собирают стекло, а затем легким подталкиванием (как бы стремясь сблизить руки) размягченное стекло, поддающееся расширению, формируется в виде кольцевых утолщений (оливок) (рис. 52).

Формирование круглого и плоского дна. Убедившись, что стекло при достаточном разогревании под влиянием силы тяжести и поверхностного натяжения стремится к стеканию, начинающий осваивать стеклодувные работы пытается получить дно путем запаивания. Для этого трубку нагревают, отчего ее

края сначала начинают оплавляться, затем все более сближаются. Просвет трубки становится все уже, а потом совсем закрывается и на конце образуется утолщение, подобное дну. Такое дно очень непрочно. Даже если его подвергнуть отжигу, оно при первом же случае резкого изменения температуры растрескается или вообще отскочит.

При правильном формировании дна толщина его должна быть равна толщине стенок самой трубки и только в самом центре дно будет несколько толще. Последовательность получения круглого дна приведена на рис. 53.

Там, где намечается получение дна, оттягивают державу; место начала образования державы вновь нагревают и сокращают державу; нагреванием удаляют державу и производят утолщение дна; наплыв стекла разогревают и легким поддуванием выравнивают дно, которое должно иметь сферическую форму. Дно и ближайшие к нему плечики надо отжечь в первой зоне пламени горелки. Отжиг, как уже отмечалось, проводят до появления желтого свечения пламени. Охлаждение изделия проходит на подставке.

При утолщенных стенках для образования дна пользуются несколько иным приемом. Сначала также оттягивают державу, затем место перехода толстостенной трубки в державу нагревают и державой собирают излишнее стекло (рис. 54). Державу с собранным на ней стеклом оттягивают и удаляют.



Рис. 54. Удаление излишка стекла державой или палочкой.



Рис. 55. Формирование плоского дна: а — с помощью деревянной или графитовой подкладки; *б*—*с* помощью обкатки или колодки.

Далее производят выравнивание залива стекла и формирование сферического дна путем поддувания. Размер дна обычно равен диаметру трубки. Трубку держат при нагревании под углом 45° к пламени.

Сформировать дно на трубках и цилиндрах с диаметром >40 мм сложнее и выполняется это следующим образом. Оттягивают державу, которую сразу же отделяют, так как нет необходимости удалять излишнее стекло; напротив, часто стекла для дна явно не хватает. Поэтому конец трубки или цилиндра вновь нагревают и держат под углом 45° таким образом, чтобы размягченное стекло стекало вниз до накопления достаточного количества для образования дна (это можно определить в результате наблюдений и навыков). После этого трубку или цилиндр переводят в положение дном кверху и устанавливают под острым углом к пламени. Стекло размягчают и при легком поддувании формируют правильное дно. При больших диаметрах трубки или цилиндра пламя горелки должно быть широким, что достигается регулированием кранов для газа и воздуха. После образования дна необходим отжиг дна и плечиков.

Иногда для получения дна на широких трубках и цилиндрах полезно вначале сократить их диаметр. Это делается с помощью обкатки или колодки. Полудиаметр обкатки должен быть меньше диаметра трубки.

При формировании плоского дна поступают следующим образом. Сначала получают круглое дно, которое затем вносят в пламя горелки, заботясь о том, чтобы плечики лишний раз не прогревались. Достаточно размягченное дно быстрым движением

выносят из пламени и приводят в соприкосновение с подготовленной горизонтальной плоскостью (обугленная доска, графитовая плитка и т. п.). Дно следует слегка вращать на плоскости при легком поддувании (рис. 55, а). У толстостенных изделий плоское дно формируется с помощью обкатки или колодки (рис. 55, б).

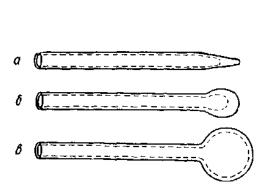


Рис. 56. Выдувание шарика на конце стеклянной трубки:

а —размягчение при вращении конца трубки; б—утолщение стенок при размягчении стекла; в — выведение конца трубки из пламени и вдувание воздуха.

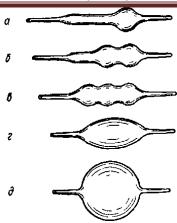


Рис. 57. Изготовление большого шара: а —изготовление пульки и выдувание на ней первого шара; б — выдувание второго шара; в —выдувание третьего шара; г —выравнивание поверхности трех шаров с помощью поддувки; б—выдувание большого шара.

Выдувание шара. Для первоначальных упражнений берут тонкостенные трубки диаметром 15—20 мм. Выдувание начинают с шаров диаметром, равным примерно 2—3 диаметрам трубки. Конец трубки размягчают на пламени, формируют дно и накапливают на конце излишек стекла (рис. 56). Участок трубки на расстоянии примерно двух диаметров продолжают обогревать для собирания стекломассы. Как только стекло достигнет нужной степени размягчения, что заметно по его цвету, трубку выводят из пламени и, не прекращая вращения, производят легкое поддувание. Получится небольшой шарик с утолщенными стенками, а затем шар совершенно правильной формы с толщиной стенок, равной толщине основной трубки. Поддувание следует усилить к концу операции, так как стекло успевает частично остыть и с трудом поддается раздуванию.

Частыми ошибками при выдувании шара являются: излишнее нагревание заготовки, прекращение вращения, сильное дутье. При излишнем нагревании стекло стекает в одну сторону и получается не шар, а кривобокая фигура. При прекращении вращения стекло также стечет в одну сторону, что исправить потом бывает очень трудно. Сильное дутье приводит к тому, что шар раздувается неравномерно, часто лопается с треском, а стенки его разлетаются в разные стороны в виде тончайших пленок.

Выдувание шара диаметром, во много раз превосходящим диаметр исходной трубки, выполняется более сложными приемами. На концах трубки оттягивают две державы, из которых одну оплавляют. Вблизи этой державы раздувают небольшой шар (рис. 57, а), а затем почти вплотную к нему раздувают второй шар (рис. 57,6), рядом со вторым — третий (рис. 57, в). Общая длина заготовки после выдувания шаров сократится. Затем производят на широком пламени разогревание до размягчения всех трех шаров. Через открытую державу вдувают осторожно воздух и постепенно все три шара образуют как бы единую форму эллипсоида (рис. 57, г). Дальнейшее поддувание с вращением, а при необходимости и подогревание приведут к образованию правильного шара (рис. 57, д). Нельзя допустить, чтобы шар был слишком тонкостенным; в этом случае он будет крайне непрочным. Определение диаметра шара при заданном объеме см. *Приложение* 1.

Сгибание трубок и палочек. Сгибание трубок надо начинать с заготовками-отрезками диаметром 6—8 мм, длиной ~200 мм и толщиной стенок 0,8—1,0 мм. До начала поддувания во избежание порезов губ один конец заготовки оплавляют, второй — закрывают резиновой или другой пробкой. При сгибании трубок большое значение имеет не только их диаметр, но и толщина стенок: чем толще стенка, тем легче сгибать трубки. Барометрические трубки, имеющие относительно толстые стенки, сгибаются легко. Однако нагревание толстостенных трубок следует вести крайне осторожно, так как они легко растрескиваются. Совсем легко сгибаются стеклянные палочки.

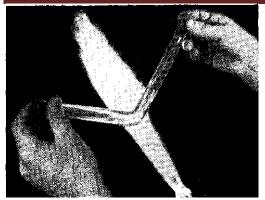


Рис. 58. Положение трубки при дополнительном нагревании наружной стороны.

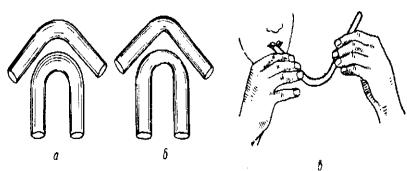


Рис. 59. Сгибание стеклянных трубок: а —правильное образование изгиба: б —неправильное образование изгиба; в —положение рук при сгибании трубок.

Место, намеченное для сгиба, после первоначального подогрева разогревают на большом пламени. Равномерное вращение, конечно, обязательно. Слегка согнув трубку после первого разогревания, надо одну из сторон (которая окажется наружной) нагреть несколько сильнее, так как она подвергается более сильному растяжению (рис. 58). Когда трубка начнет размягчаться, что ощущается в руках при вращении, ее выносят из пламени и, повернув разогретую сторону вниз легким движением руки, сгибают под нужным углом, время от времени поддувая воздух для сохранения диаметра в месте изгиба (рис. 59, а). При сгибании следует обязательно проверить, в одной ли плоскости лежат прямые участки трубок, что делается простым просмотром на глаз. При необходимости внести исправление трубку вновь надо слегка подогреть до размягчения и осторожно исправить допущенную неточность.

Часто при сгибании во внутренней части изгиба образовываются складки и неровности (рис. 59,6), что портит вид изделия. Устранение этих дефектов производится также вторичным подогревом на узком и сильном пламени горелки с постепенным поддуванием воздуха. Работа по сгибанию завершается отжигом изделия в пламени горелки до появления желтого свечения. После этого следует некоторое время (30—40 сек) выдержать изделие в пламени без дутья воздуха.

Сгибание описанным приемом при диаметре трубок 15 *мм* и выше значительно труднее. Сгибание таких трубок производится более сложным путем. У заготовки-отрезка длиной ~300 *мм* сначала оттягивают державы, из которых одну запаивают, а вторую оставляют открытой для вдувания воздуха. Место, намечаемое к изгибу, нагревают до размягчения на участке, равном 1,5—2,0 диаметрам трубки, и в этом месте производят осаживание для накопления стекла. Когда стенки на этом участке станут толще почти вдвое, выдувают шар объемом 1,5—2 диаметра трубки. Шар этот вторично нагревают до размягчения, растягивают до основного диаметра трубки, и в этот момент, не теряя времени, производят сгибание при поддувании воздуха. Надо следить за совпадением концов трубки. Выявленные дефекты исправляют описанными выше приемами. Отжиг производится обычным способом.

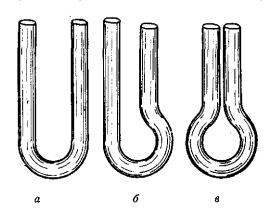


Рис. 60. Кольцевой изгиб трубки: а — U-образный изгиб; б—изгиб одного колена; в —изгиб двух колен —готовое изделие-

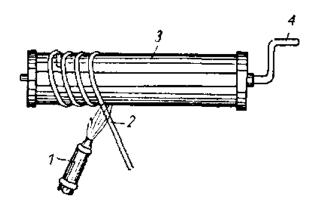


Рис. 61. Изготовление спирали из стеклянной трубки: / — газовая горелка; 2—стеклянная трубка; 3— деревянный вал с клиньями; 4—ручка для вращения.

Часто приходится производить кольцевые изгибы трубок. Последовательность их изготовления следующая (рис.60):изготовление U-образного изгиба, размягчение участка одного из колен вблизи места изгиба, сдвиг колена параллельно осевой линии. Также поступают со вторым коленом. Для сохранения точности внутреннего кольца помещают в круг обугленную деревянную болванку соответствующего размера. Сдвиг колен проводится без поддувания. Полученное кольцо отжигают в пламени горелки без дутья.

В лабораторной практике часто встречаются спирали из стекла. Изготавливают их различными способами, но наиболее надежным до сих пор остается способ с применением деревянного приспособления в виде разборного вала, выполненного из крепких пород дерева (дуб, клен, ясень, груша и т. п.). Между двумя правильно проточенными, полукруглыми плоскостями брусков помещают клинообразную прокладку из такого же дерева. Все три части стягивают на концах металлическими кольцами, помещают упоры и ручку для вращения (рис. 61). У стеклянной трубки нужного диаметра, рассчитанной длины, с толщиной стенок 1,5—2,0 мм сначала загибают на горелке почти под прямым углом один конец и вставляют его в отверстие, специально подготовленное в деревянном приспособлении. Затем пламенем горелки нагревают до размягчения соответствующие участки трубки и наматывают ее при медленном вращении вала. Вращение производит второй работающий. После получения нужного количества витков металлические кольца и клинообразную прокладку удаляют и затем легко снимают спираль.

Отжиг в этом случае необязателен, так как при переходе от одной спирали к другой предыдущая часть после размягчения частично также нагревалась и этим обеспечивался отжиг.

Если требуется спираль с большим количеством витков, то к одной трубке можно припаять другую и третью. В качестве оснастки применяют также трубку, изготовленную из полированного стального листа. Трубку делают с долевой щелью, которая при снятии спирали сжимается. При получении достаточных навыков можно спираль делать вручную без приспособления, применяя поддувание, но это требует значительной квалификации.

Профилированные изгибы мелких трубок (соломок) получают, используя профильные металлические формы. В канавки этой формы укладывают тонкие трубки, подлежащие изгибу, и формы вместе с трубками помещают в нагревательную печь. При достижении соответствующей температуры трубки размягчаются и принимают профиль формы (например, стеклянные перья для самопишущих приборов и др.).

Спаивание трубок — очень распространенная операция при любых стеклодувных работах. Надежно спаиваются трубки и отдельные детали, обладающие одинаковым коэффициентом термического расширения, и, конечно, детали из одной марки стекла. Установлено, что при расхождении значений коэффициентов термического расширения не более чем на 5—6%, спаивание осуществляется также

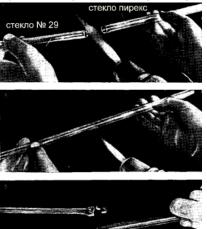


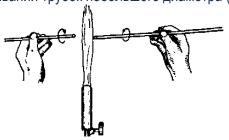
Рис. 62. Влияние коэффициента расширения стекла на прочность спая: *а* — трубки из разного стекла; *б*—спаивание трубок при разогревании и размягчении; в — разрушение трубок по спайке с отрывом осколка стекла.

удовлетворительно.

Влияние коэффициента расширения стекла на спайки наглядно подтверждается следующим примером. На рис. 62, а показана подготовка к спаиванию двух трубок, причем взяты отрезки трубок разных марок стекла, имеющие заведомо разные коэффициенты термического расширения; слева — трубка из стекла № 29 с коэффициентом термического расширения а =  $75*10^{-7}$ , справа — трубка из стекла пирекс с a =35\*10-7. Торцы трубок чистые, свежеотрезанные, подготовлены хорошо, разрезание выполнено точно, нет неровностей, пыли и посторонних веществ, диаметр трубок и толщина стенок одинаковы. При нагревании до размягчения удалось спаять такие трубки (рис. 62,б), однако при остывании трубки лопнули по спайке с отрывом осколка стекла (рис. 62, в). При охлаждении стекло № 29 сжалось более чем в два раза по сравнению со стеклом пирекс. В

месте спая возникли напряжения, намного превосходящие силы сцепления, и последовал неизбежный в таких случаях разрыв.

Типы спаев бывают различные: простой, тройниковый, двойной или внутренний, с металлом, разных диаметров и т. п. Простым спаем называется соединение двух трубок, расположенных вдоль одной оси. До начала спаивания следует проверить состояние торцов, подлежащих спаиванию. Желательно, чтобы торцы были свежеотрезанными, ровными и чистыми. Один конец одного из отрезков закрывают пробкой или у него оттягивают державу, конец которой оплавляют. У второго отрезка оба торца свободны, так как один будут спаивать, а через второй надо производить поддувание воздуха. При спаивании трубок небольшого диаметра (до 15—18 мм) применяется небольшое пламя.



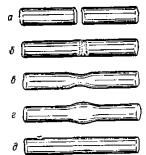


Рис. 63. Положение рук при нагревании двух трубок.

Рис. 64. Изготовление простого спая: а—отрезки трубок, предназначенные к спаиванию: б— соединение размягченных торцов; в—растягивание шва; г—прогревание места спая и раздувание шарика; д — растягивание шарика до диаметра трубок.

Положение рук при нагревании двух трубок хорошо видно на рис. 63. Важно, чтобы вращение производилось равномерно и с одинаковой скоростью обеими руками. В каждую руку берут по отрезку разогревать до появления признаков размягчения. По длине начинают разогревается 2,0—2,5 диаметра трубки. Рекомендуется соединять торцы не всей поверхностью сразу, так как в этом случае достигнуть абсолютной точности соприкосновения очень трудно. Предпочитают соединить лишь одну точку, затем после легкого подогревания произвести соприкосновение торцов по всей окружности. Последовательность приемов при изготовлении простого спая приводится на рис. 64. Берут отрезки трубок, предназначенных к спаиванию; размягченные торцы соединяют вместе, но еще не припаивают; затем при легком поддувании следует растянуть трубки, соблюдая строгую "горизонтальность; для устранения появившейся впадины место спая прогревается — на этом месте, после небольшого осаживания стекла, раздувается шарик диаметром, равным 1,5 диаметрам трубки; после этого следует дальнейшее нагревание шарика в широком пламени и растягивание его до диаметра трубок. Шов должен быть совершенно ровным, прозрачным и малозаметным. Иногда в месте спая остается едва заметная тонкая нить, не влияющая на его прочность. Спай отжигают в светящемся пламени горелки, и изделие кладут на подставку для охлаждения.

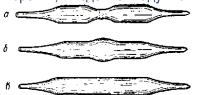




Рис. 65. Изготовление простого спая на широких трубках:

а — соединение отрезков трубок с оттянутыми державами; б—раздувание шарика на месте будущего спая; в — растягивание шарика до диаметра спаиваемых трубок-

Рис. 66. Спаивание широкой трубки с узкой: а — трубки, подготовленные к спаиванию (широкая трубка сведена на конус, узкая имеет ровно обрезанный торец);б широкая трубка, спаянная с узкой-

Спаивание трубок большого диаметра производится более сложным путем. Торцы трубок подготавливают так, как описывалось выше. У отрезков спаиваемых трубок на одном из концов оттягивают державы, причем одну из них запаивают для избегания удаления нагреваемого воздуха, а вторую оплавляют для обеспечения возможности поддувания. Вторые концы отрезков трубок

оттягивают на конус и образовавшиеся концы конуса обрезают в том месте, где их диаметр равен примерно 18—20 *мм*, т. е. размеру, удобному для проведения спаивания.

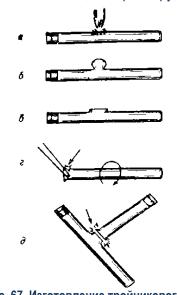


Рис. 67. Изготовление тройникового спая: а—нагревание острым пламенем; б—выдувание пузыря; в—срезанный пузырь; г—развертывание конца трубки; д—спайка тройника.

Эти заново образовавшиеся концы трубок с диаметром меньше исходного спаивают обычным путем, а потом диаметр трубки приводят к прежним размерам. Последовательность операций по спаиванию трубок больших диаметров приводится на рис. 65.

Каждый отрезок с одного конца имеет оттянутые державы, а другие концы сведены на конус и соединены вместе. На месте будущего спая раздувается шарик, диаметром в 1,2—1,5 диаметра трубки; после вторичного нагревания шарик растягивается до диаметра спаиваемых трубок.

Спаивание широкой трубки с узкой производят следующим образом. Торцы трубок подготавливают, как обычно. На одном конце широкой трубки оттягивают конус, который обрезают в том месте, где диаметр его равен диаметру более узкой трубки. Открытый конец широкой трубки закрывают пробкой. Приемы спаивания те же, что и для трубок с одинаковыми диаметрами. Последовательность спаивания проводится на рис. 66.

Тройниковым называют такой спай, когда оси трубок расположены друг к другу под углом. Разновидности тройниковых спаев широко распространены в различных изделиях. Для первоначальных упражнений рекомендуется брать трубки диаметром 10—12 мм, с толщиной стенок 0,7—1,0 мм. Один

конец каждой трубки, подлежащей спаиванию, закрывают пробкой (рис. 67). Конец, через который будет проводиться поддувание воздуха, оплавляют во избежание пореза губ. Сначала намечают место, где произойдет припайка под углом. В этом месте трубки надо получить отверстие. Для этого участок трубки разогревают до появления желтого свечения, а центр, где должно быть отверстие,— до размягчения (рис. 67, а). Нагретой стеклянной палочкой оттягивают здесь небольшой выступ, который затем вновь нагревают и после сильного дутья в этом месте образуется пузырь, имеющий очень тонкую стеклянную оболочку пленочного типа (рис. 67,б). Эта оболочка легко удаляется при помощи любого предмета: ножа, развертки и т. п. Образовавшееся круглое отверстие оплавляется в пламени горелки и получается выступ, называемый губкой тройника (рис. 67, в). Для утолщения стенок губки и подгонки диаметра отверстия точно к диаметру подлежащей припайке трубки производят развертывание конца трубки и губок (рис. 67, г); припаивать следует свежеотрезанный конец трубки. Пропайку ведут, разогревая губку и свежеотрезанный торец трубки.

Вращение в пламени ведут, как показано на рис. 68. Надежный спай можно получить, чередуя приемы нагревания, осаживания и поддувания. Рекомендуется уже после того, как спай стал незаметным, раздуть в месте спая небольшой шарик, а затем оттянуть его до исходного диаметра, тогда переход станет гладким, без вмятин и неровностей. Отжиг производят в пламени горелки до желтого свечения. При получении достаточных навыков удается выполнить припаивание без вращения в пламени.

При необходимости получения тройникового спая на трубках с диаметром >40 *мм* нужно припаиваемую трубку свести на конус до 20—25 *мм*, а затем описанными выше способами выровнять диаметры.

Изготовление внутреннего спая на шарике. Иногда требуется трубку меньшего диаметра впаять в трубку более широкую. В этих случаях осуществляют внутренний спай на шарике, являющийся наиболее надежным. При выполнении внутреннего спая требования к коэффициенту термического расширения стекла повышаются. Если в случаях обыкновенного спая допустимо отклонение коэффициентов расширения на 5—6%, то для внутреннего спая это требование сводится к 1—2%. На трубке меньшего диаметра, назначенной к впаиванию в более широкую трубку, выдувают шарик диаметром, равным 1,5 диаметрам трубки (рис. 69, а). У широкой трубки оформляют с одной стороны

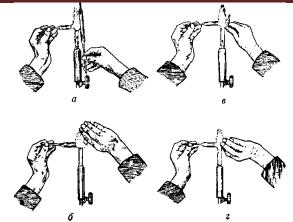


Рис. 68. Приемы вращения при изготовлении тройникового спая:

а —исходное положение; б—правая рука уходит вверх в направлении от работающего; в— правая рука быстро проходит через горячую зону в направлении на работающего; г—из этого положения начинается обратное движение к исходному положению а

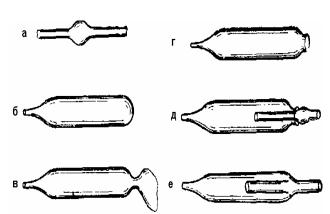


Рис. 69. Изготовление внутреннего спая на шарике: а — раздувание небольшого шарика;  $\delta$ —выдувание круглого дна; в — выдувание отверстия в центре дна; г—удаление излишка стекла и развертывание края;  $\theta$ —помещение трубки с шариком на губку отверстия;  $\theta$ —осаживание стекла.

круглое дно, а с другой — оттягивают державу (рис. 69,  $\delta$ ). У круглого дна в центре после разогревания оттягивают стеклянной палочкой выступ-«усик», который после разогревания на остром огне раздувается в пузырь с очень тонкими стенками (рис. 69,  $\delta$ ). Стенки пузыря легко удаляют и после нагревания оформляют вокруг отверстия «губку», которую оплавляют и доводят разверткой до диаметра шарика, раздутого на узкой трубке (рис. 69,  $\epsilon$ ). После легкого подогревания губки и шарика последний вводят внутрь широкой трубки таким образом, чтобы он мог опираться на губки (рис. 69,  $\delta$ ). Место соединения сильно разогревают, последовательно осаживают с поддуванием. Державу широкой трубки запаивают. Требуются неоднократные нагревание и поддувание. Спай получается надежным и прочным (рис. 69,  $\epsilon$ ). Отжиг проводят тщательно, сначала при малом дутье воздуха на горелке, а затем и вовсе без дутья или в специальной печи.

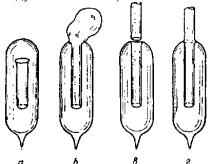


Рис. 70. Пропаивание внутреннего спая через стенку дна: а —оформление круглого дна у наружной заготовки; б— образование отверстия в круглом дне; в — припаивание отрезка трубки; г —готовый спай-

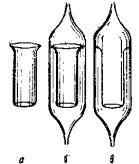


Рис. 71. Изготовление внутреннего спая с применением "тарелочки": а — развертывание внутренней заготовки в виде "тарелочки"; б—введение внутренней заготовки в широкую трубку; в—готовый спай.

Практикуются внутренние спаи через стенку и с применением тарелочки. Для выполнения спая через стенку подготавливают наружную и внутреннюю заготовки. У наружной заготовки большого диаметра оттягивают державу. У внутренней заготовки производят развертывание края. Через открытый конец широкой трубки вводят во внутрь заготовку с развернутым краем. Тогда у широкой трубки оттягивают вторую державу и формируют круглое дно (рис. 70, а). Наружную заготовку поворачивают на 180° и находящаяся внутри трубка своим развернутым концом опускается на изготовленное круглое дно. Сильным размягчением стекла достигают того, что развернутая часть внутренней заготовки припаивается к дну. Разогрев следует продолжать, чтобы обеспечить надежную пропайку внутреннего спая. По месту спая появляется кольцо темного свечения. В центре дна оттягивают нагретой стеклянной

палочкой выпуклость, а затем продувают отверстие-(рис. 70, б). Образовавшийся пузырь легко удаляют и у отверстия формируют разверткой «губку». К губке припаивают отрезок, трубки такого же диаметра, как и внутренняя заготовка (рис. 70, в). Изготовленное изделие (рис. 70, г) с внутренним спаем подлежит тщательному отжигу. Сразу после изготовления его следует поместить в прогретый асбестовый колпак, а затем в муфельную печь для отжига.

Для изготовления внутреннего спая с применением «тарелочки» развертывание на внутренней трубке делают более широким (рис. 71,а). Заготовку после остывания вводят через открытый конец в широкую трубку, на другом конце которой уже заблаговременно оформлена держава, а затем оттягивают вторую державу. Место соприкосновения «тарелочки» со стенками наружной трубки сильно разогревают и, если требуется, наружную трубку частично после размягчения растягивают таким образом, чтобы ее диаметр точно совпал с диаметром «тарелочки» (рис. 71, б). После надежного спаивания

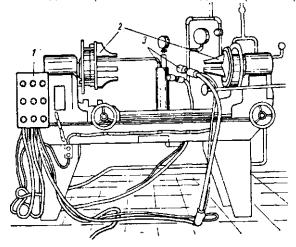


Рис. 72. Сварочный станок A-320-01: 1 — пульт управлення; 2—неподвижная и подвижная бабки с трехкулачковыми патронами; 3—сварочные горелки.

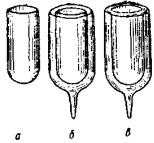


Рис. 73. Изготовление дьюаровского спая приемом закатывания наружного цилиндра на внутренний: а —внутренний стакан; б—закатывание наружного цилиндра на внутренний; в—готовый спай.

(рис. 71,в) изделие также подлежит отжигу.

Дьюаровский спай используют в. большинстве случаев, при изготовлении дьюаровских сосудов, выпускаемых в массовых количествах на специальных заводах. Там спаивание производят на сварочных станках.

Схема сварочного станка типа А-320-01 приводится на рис. 72. Заготовки помещают в трехкулачковые патроны неподвижной и подвижной бабки. Через сварочные горелки подводят в нужном месте пламя и при достижении размягчения края с помощью графито-



Рис. 74. Припаивание стеклянного костылька с помощью пинцета.

вого инструмента и при вращении закатываются и сплавляются.

В практике лабораторной работы иногда приходится выполнять дьюаровский спай для получения сосуда с двойными стенками. Обе заготовки — наружная и внутренняя — должны быть из одной марки стекла. Длина и диаметр наружной заготовки превышают длину и диаметр внутренней заготовки на 15—20 мм (расстояние между стенками сосуда должно быть 7—10 мм). На наружной и внутренней заготовках формируют полукруглые днища (рис. 73, а). На наружной заготовке для удобства обращения, поддувания и откачки воздуха припаивают к дну трубку. Край наружной заготовки разогревают до размягчения и с помощью деревянной, обугленной обкатки закатывают внутрь (рис. 73, б). После легкого отжига заготовку откладывают для охлаждения, покрыв асбестовым колпачком. Внутреннюю заготовку помещают в наружную и удерживают при помощи асбестовой прокладки. В таком положении обогреваются края обоих цилиндров. Вращение надо производить осторожно, но постоянно. Когда края заготовок заметно начнут размягчаться, производят осторожное развертывание

края внутренней заготовки и соединение краев. Всю операцию проводят без выноса деталей из пламени. Пропайку ведут частями, но необходимо, чтобы весь спай был в прогретом состоянии. До завершения работы весь спай следует довести до размягчения, слегка поддувая убедиться, что спаивание выполнено без щелей, с закругленной поверхностью. Вспомогательную трубку удаляют. Отжиг изделия проводят тщательно: помещают в прогретый асбестовый колпак, затем в муфельную отжигательную печь.

Припаивание. На крышках, например к стаканчикам для взвешивания, припаивают стеклянный костылек, которым пользуются при открывании и закрывании. Разогретый до размягчения конец стеклянной палочки с помощью пинцета формируют в виде костылька и после нагревания крышки припаивают его (рис. 74).

Получение отверстий. Сверление отверстий в плоском стекле производят на любом сверлильном станке или ручной дрелью при помощи победитового четырехугольного сверла, заточенного «лопаточкой». Место сверления смачивают скипидаром, а для ускорения процесса сверления подают к этому месту абразивный материал. Марка материала зависит от размера отверстия, сорта стекла и его толщины. Обычно применяют наждак 230. В литых пробках можно таким же образом сверлить отверстия, помещая пробки в специальные деревянные подставки. Для получения отверстий в полых изделиях из стекла применяют латунные трубчатые сверла с прорезями. Прорези служат для прочистки и удаления высверленного стекла. При сверлении стекла не следует держать сверло все время плотно прижатым к стеклу, а надо совершать ритмичные движения подъема и опускания сверла,

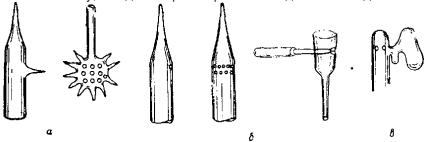


Рис. 75. Изготовление отверстий в стекле горячим способом: а — стеклянной разогретой палочкой, б— вольфрамовой иглой; в — продувкой.

чтобы обеспечить доступ свежих порций абразива. Для точности работы полезно наклеить на стекло картонный шаблон с отверстиями в месте сверления.

Горячим способом получают отверстия в стекле разными приемами. На рис. 75, а показан весьма распространенный прием оттяжки стекла **стеклянной разогретой палочкой**. Место, где следует получить отверстие, сильно прогревают острым пламенем горелки. Оттянутый палочкой «ус» легко обламывается и после небольшого обогревания получается ровное круглое отверстие.

В горячем стекле отверстия прокалывают вольфрамовой проволокой (иглой). Для работы имеется набор иголок различных диаметров от 0,1 до 7 мм. Один конец вольфрамовой проволоки затачивают на шлифовальном круге в виде иглы, второй закрепляют в стеклянную, пластмассовую или деревянную ручку. Для получения прокола надо стекло в требуемом месте нагреть до появления желтого свечения, но не до размягчения. Иглу также нужно нагреть до каления. Острие иглы надавливают на разогретое стекло и, поворачивая, получают отверстие, соответствующее толщине иглы. При получении отверстия на толстостенной трубке, на стеклянной палочке, либо в полых стеклянных пробках прокалывание можно также производить вольфрамовой иглой, но в этом случае нагревать приходится дважды или более (рис. 75, б).

Можно получать отверстия также продувкой. Место будущего отверстия прогревают на остром пламени горелки и затем продувают. Получается бесформенный пузырь с очень тонкой оболочкой типа пленки (рис. 75, в), которая легко удаляется.

Для получения очень тонких отверстий, менее 0,1 *мм*, применяют метод впаивания медной проволоки. Место будущего отверстия прогревают и в стекло впаивают медную проволоку требуемого диаметра. Изделие с впаянной проволокой отжигают и охлаждают, затем помещают в раствор соляной или азотной кислоты. Медная проволока растворится и останется нужное отверстие.

Таблица 4. Коэффициенты термического расширения некоторых металлов, впаиваемых в стекло.

Металл	Плотность, г/см³	Температура плавления, °C	Коэффициент термического расширения а*10 <sup>7</sup> , град-1 (при 25 - 100° C)
Алюминий	2,7	660	238
Вольфрам	19,1	3400	44
Железо	7,8	1530	125
Золото	19,3	1063	144
Иридий	22,4	2340	65
Медь	8,9	1083	165
Молибден	10,0	2600	53
Никель	8,8	1450	131
Платина	21,4	1770	90
Родий	12,3	1920	86
Серебро	10,5	960,5	197
Тантал	16,6	2850	65
Хром	7,0	1800	85
Цирконий	6,0	1860-	63

Фигурные отверстия (например, треугольные, квадратные) получают в настоящее время ультразвуковой обработкой.

Уместно отметить, что для прокола не следует пытаться применять любую металлическую проволоку (сталь, никель, хром, медь и т. п.). После прокола на стекле останутся следы окалины металла, что повлияет на дальнейшую обработку стекла.

Спаивание стекла с металлом. При введении металла внутрь стеклянного прибора или установки с целью создания ввода для прохождения тока требуется особая герметичность спая, а иногда — обеспечение вакуума. Бывают условия, когда металлический ввод надо только закрепить в стекле, что значительно проще. При всех условиях необходимо, чтобы коэффициенты термического расширения стекла и металла были бы близки друг к другу (см. табл. 3 и 4).

Для надежного соединения металла со стеклом требуется, чтобы поверхность металла не имела окалины, так как при этом спай будет непрочным. Поверхность металла при нагревании перед спаиванием должна лишь слегка окислиться.

Как видно из табл. 4. коэффициент термического расширения платины близок к коэффициентам наиболее распространенных марок химико-лабораторного стекла (например, № 23, № 29).

Действительно, впаивание платины в стекло почти всех марок (кроме кварцевого) производится просто и вполне надежно. В кварцевое стекло впаять платину невозможно, так как температура размягчения кварцевого стекла выше температуры плавления платины. Чтобы впаять платиновую проволоку толщиной до 0,5 мм в стеклянную трубку, поступают следующим образом: сферическое дно трубки прогревают и разогретой стеклянной палочкой оттягивают «ус», который следует отломить. В дне трубки появится отверстие, диаметр которого должен быть близким к диаметру проволоки, намечаемой к впаиванию. С помощью пинцета платиновую проволоку вводят в отверстие и сильно разогревают это место. Осаживая и поддувая, собирают в месте спая некоторое количество стекла, которое равномерно распределяется вокруг проволоки," прочно ее облегая. Место спая затем раздувают до получения ровного сферического дна.

В целях экономии следует впаивать только самый короткий отрезок платиновой проволоки, а удлинять концы для монтажа посредством припайки других самых различных металлов и сплавов (медь, никель, алюминий и др.).

На схеме 1 приводится технологический процесс впаивания медной проволоки.

При необходимости впаивания в стекло более толстой платиновой проволоки (до 1,0 мм) применяют способ «обмазывания» проволоки стеклом. Заключается этот способ в том, что разогревают до размягчения стеклянную палочку из состава такого же стекла, в которое намечается впаивание проволоки, и размягченным стеклом как бы обмазывают проволоку (рис. 76). Стекло прилипает к проволоке, а в месте спая количество стекла увеличивают и при разогревании оно примет форму шара, через центр которого проходит проволока. Отверстие в трубке открывают описанным уже способом,

Переходы	Эскизы
Заготовка длиной 200 мм	
Растягивание в державу участка заго-	
товки, размягченного в пламени горелки	
Подготовка медной проволоки	
длиной 100 <i>мм</i> (зачистка наждачной	
бумагой и выравнивание)	
Осаживание торца заготовки до внут-	
реннего диаметра под впаиваемую	
проволоку (предварительно открывают	
конец державы)	
Впаивание медной проволоки в стеклян-	
ную заготовку процессом осаживания с	
поддуванием внутрь заготовки	

Схема 1. Впаивание медной проволоки в стеклянную трубку (диаметр трубки 5 — 6 мм)

причем диаметр этого отверстия должен быть меньше диаметра шара. Проволоку с шаром вводят в полученное отверстие, при этом шар помещают на самом отверстии, как бы закрывая его. При прогревании в результате размягчения шара и трубки происходит спаивание. Легким поддуванием стекло разравнивают и получается гладкий спай, который как всегда подвергается отжигу.

В настоящее время вместо платины часто впаивают платинит (сплав из никелевого сердечника и медной обмотки). При небольшом перегревании платинит начинает ярко гореть в пламени горелки, поэтому его подвергать нагреванию рискованно. В этом случае надо на трубке оттянуть капилляр (рис. 77), затем ввести в него проволоку из платинита и, разогревая капилляр (стараясь не задеть проволоки), оплавить его вокруг проволоки. Поддувание ведут со стороны открытого конца трубки. Спай также подлежит отжигу.

При впаивании никелевой проволоки следует во избежание выделения при нагревании мелких пузырьков воздуха обработать проволоку в вакууме при температуре выше 1000°С в течение 30 мин. На участок проволоки, подлежащий спаиванию, плотно надевают отрезок толстостенной стеклянной трубочки. Отрезок трубки нагревается до размягчения с одного конца и постепенным перемещением пламени достигают полного спаивания трубочки с проволокой. Примерно на середине прикрепившейся трубочки разогревают стекло и накапливают его для формирования ободка в виде тарелочки, которую впаивают в трубку (рис. 78).



Рис. 76. Обмазывание проволоки размягченной стеклянной палочкой.

Молибденовую необходимо проволоку также спаивания химически обработать. Проволоку погружают на несколько секунд в расплавленную селитру, потом споласкивают водой и просушивают. Цвет проволоки быть стальной. Свободные должен светло молибденовой проволоки во избежание распыления молибдена при нагревании хромируют. Хромирование выполняют гальваническим способом, при этом наносят очень тонкий слой, который затем растворяется в соляной Обмазывание проволоки производят одевания трубочки или обработкой эмульсией из

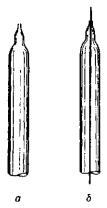


Рис. 77. Впаивание платинитовой проволоки: а —оттягивание толстостенного капилляра на трубке; б—введение проволоки в капилляр и запаивание-

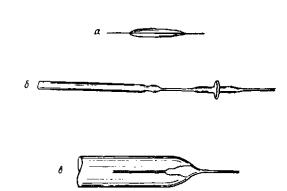


Рис. 78. Впаивание никелевой проволоки: а — обмазывание проволоки стеклом; б—изготовление из стекла тарелочки (кольцо для обеспечения прочности); в —впаивание проволоки с кольцом в трубку.

тонкоизмельченного молибденового стекла с амилацетатом (грушевая эссенция). Погружая проволоку в эту эмульсию, получают поверхность, покрытую порошкообразной массой молибденового стекла.

При впаивании проволоки из ковара (сплав железа, никеля и кобальта) также необходимо провести предварительную работу по очистке проволоки. Кусок проволоки опускают на 15 мин в щелочной раствор красной кровяной соли. После ополаскивания водой надо провести отжиг этой проволоки при 1100° С в течение 30 мин. Обмазывание стеклом производят либо размягченной палочкой, либо одеванием толстостенной трубки с последующим разогреванием ее до размягчения и плотного облегания всего контура. В средней части обмазки делается стеклянное кольцо в виде тарелочки для впайки в трубку. Ковар можно паять оловом, он сваривается почти со всеми металлами (железо, медь, никель, вольфрам, молибден, платинит и многие другие). Хорошо сцепляется со стеклом, гнется, не распыляется в пламени горелки.

Ликвидация неровностей. Иногда концы трубок, предназначенных к работе, имеют неровный срез. Работать с такими отрезками не следует, так как изделия выйдут плохими. Ликвидацию неровностей можно произвести разными способами. Проще всего это сделать на шлифовальном круге; если неровности незначительные, можно их снять с помощью круглого, мягкого напильника. Применяется также способ нагревания конца трубки до размягчения с последующим выравниванием на деревянном обугленном бруске или на металлической плитке, покрытой асбестом. Производят выравнивание края и с помощью стеклянной палочки: край трубки нагревают до размягчения; одновременно нагревают и стеклянную палочку из такого же состава стекла, затем палочкой легко снимают размягченные выступы. Край следует выровнять на бруске или плитке.

Запаивание трещин. При запаивании трещин надо тщательно проверить, чтобы на изделии не было никаких следов посторонних веществ (пыль, жир, соли и т. п.). После того как место будущего спаивания очищено, можно приступить к работе, причем запаивание следует начинать с торца трубки, там, где трещина начинается. Когда трубка или изделие постепенно разогреется, надо направить среднее пламя на торец трубки и одновременно обогревать сторону, противоположную трещине. Трубку или изделие держать в пламени таким образом, чтобы размягчающееся стекло частично стекало на место трещины — это способствует запаиванию. Когда начало трещины при размягчении и благодаря стекающему стеклу заплавится, пламя переводят на следующий участок вдоль трещины. Обогрев следует вести равномерно, все время вращая изделие или трубку с расчетом, чтобы часть стекла могла стекать на место трещины. После запаивания изделие необходимо отжечь.

При попытке запаивания трещин на шаровых деталях нельзя начинать обогревание в центре образования трещин, так как в этом случае лучеобразные трещины сразу же разбегаются дальше и изделие спасти нельзя. При лучевидных трещинах надо сперва стеклянной размягченной палочкой «замкнуть» их, т. е. провести палочкой от конца трещины к ее началу. Затем следует убедиться, что после нагревания трещина не сможет продолжать свой бег; тогда начинают прогревание и размягчение центра трещин. Надо и в этом случае стремиться держать изделие так, чтобы часть размягчающегося

стекла могла стекать на трещину и тем самым содействовать запаиванию. При очень осторожном обращении иногда удается спасти изделие, поврежденное в результате удара, либо от слишком высокой температуры, либо от попадания холодной воды на горячую поверхность или по другим причинам.

Спаивание неподвижных деталей на месте. Ремонт, монтаж или совершенствование установки требуют иногда спаивания на месте. Эта операция выполняется с помощью ручной горелки, которая должна иметь достаточно длинные шланги для подачи горючего газа и воздуха. Важно предусмотреть возможность поддувания, так как спай, выполненный с поддуванием, всегда прочнее. Если габариты трубки не позволяют производить поддувание ртом, следует одеть на трубку отрезок резинового шланга. Спаивать неподвижную деталь значительно сложнее, чем производить такую же операцию на рабочем месте, где легко осуществить равномерное вращение, дать любое пламя, держать изделие под любым углом и направлять стекаемую при нагревании стекломассу в любое направление.

При спаивании на месте надо учитывать положение осей изделия. В случае вертикального положения полезно стекающее вниз стекло с помощью стеклянной палочки передвигать вверх, а при горизонтальном положении это стекло часто бывает излишним и его просто следует стеклянной палочкой собирать и удалять. Нельзя допускать излишнего размягчения. Важно, чтобы края трубок были ровно обрезаны и по возможности закреплены (мягкой проволокой, асбестом, полоской из жести и т. п.). Нагревание следует вести постепенно и не острым пламенем. В начале разогревания можно легким прижимом достигнуть соединения без щелей. Если щель все же образовалась, то следует размягчить имеющиеся выступы на торцах и с помощью стеклянной палочки заделать щель стеклом от выступов. При уверенности, что стеклянная палочка такого же состава, что и запаиваемое изделие, можно частичным разогревом палочки получить размягченное стекло для заделки щели.

Не следует разогревать торцы для заделки щели — от этого щель только увеличится. Место спая необходимо все время поддерживать в подогретом состоянии. Весьма полезно получить на месте спая путем поддувания небольшую выпуклость, а затем растянуть ее до требуемого диаметра. Такую операцию приходится повторять многократно до получения надежного кругового спая. Изделие надо подвергнуть отжигу.

Не рекомендуется приветить к наложению стеклянных заплаток: они быстро растрескиваются и не приносят пользы. Не следует применять способ натягивания стекла металлическим пинцетом, так как спай после такого приема ненадежен (в него попадает окалина).

контроль размеров. В процессе работы нельзя полагаться на глаз. Изделия должны строго соответствовать заданным размерам и допускам. Точность размеров проверяется измерительным инструментом. Наиболее часто применяемые измерительные инструменты показаны на рис. 79.

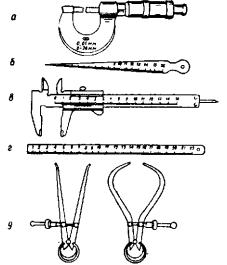


Рис. 79. Измерительные инструменты: а — микрометр; б —нутромер; в —штангенциркуль; г—измерительная линейка; д—кронциркули.

Для измерения толщины стенок, пластинок, нитей пользуются микрометром; малые внутренние отверстия (диаметром до 6— 8 мм) определяют нутромером, а наружные и внутренние диаметры — штангенциркулем; длину измеряют обычной металлической линейкой (200—500 мм). Для грубого определения наружного и внутреннего диаметров пользуются кронциркулем.

Объем изделия обычно определяют путем заполнения его дистиллированной водой, которую выливают в мерный цилиндр или в мензурку с делениями.

Внутренний диаметр трубок с небольшим просветом находят путем заполнения части просвета жидкой ртутью. Взвесив эту ртуть и замерив высоту столбика ртути, можно легко подсчитать диаметр просвета, зная, что плотность ртути равна 13,6 *г/см*<sup>3</sup>:

$$d = 0.3 \sqrt{\frac{P}{I}}$$

где P — вес ртути,  $\varepsilon$ ; I — высота столбика ртути,  $\varepsilon$ м.

К руководству прилагаются сокращенные таблицы

для определения диаметра шара при заданном объеме (см. *Приложение* I) и высоты цилиндра при заданных объемах и диаметре (см. *Приложение* II).

**Отжиг.** Как уже указывалось, при' быстром нагревании или охлаждении стекла, ввиду его низкой теплопроводности, температура наружных и внутренних слоев будет разной. В связи с этим происходят различные объемные изменения отдельных слоев стекла. Так как слои стекла прочно связаны между собой, то и возникают температурные напряжения, которые часто приводят к разрушению изделия (растрескиванию). Для устранения напряжений в стекле применяют термическую обработку, называемую отжигом. Отжиг заключается в нагревании стекла до температуры на 20—40 град ниже начальной температуры размягчения, выдерживании при этой температуре от 1 до 10 ч, а затем в постепенном охлаждении со скоростью 1—6 град/мин до температуры термостойкости, после чего скорость охлаждения уже не имеет значения. Отжигу подлежат все изделия и заготовки из стекла различных марок, кроме кварцевого.

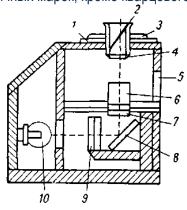


Рис. 80. Схема поляриметра: 1 — анализатор; 2— призма; 3—лимб;4— пластинка (1/4 длины волны); 5— отверстие для помещения образца; 6— образец; 7 — поляроид-поляризатор; 8—зеркало; 9—матовое стекло; 10— лампочка.

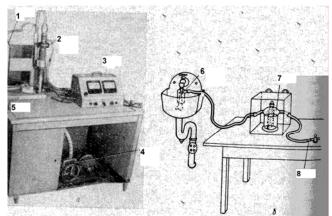


Рис. 81. Приборы для контроля качества притирки и спая: а — вакуумная установка; б—установка с водоструйным насосом: 1 — камера-компенсатор; 2— масляный вакуумный насос; 3— электронный вакуумметр; 4— форвакуумный насос; 5— подключение изделия; б—водоструйный иасос; 7— склянка Тищенко с водой; 8 — шланг для подключения изделия-

В случае температурных напряжений в стекле при рассматривании его через поляризованный свет заметны цветные полосы, возникающие вследствие различной скорости прохождения света через отдельные слои. Этим свойством стекла пользуются для проверки качества отжига. На рис. 80 приводится схема поляриметра — прибора для определения температурных напряжений.

Проверяемое изделие помещают между поляризатором и анализатором. Передвигая и поворачивая изделие, просматривают его одним глазом через окуляр у призмы. Оценка качества отжига изделий производится по следующей шкале:

Отжиг

Хороший Удовлетворительный Неудовлетворительный Совершенно неудовлетворительный Цвет

Красно-фиолетовый Красновато-оранжевый Ярко-желтый и светло-голубой Светло-желтый, светло-зеленый и зеленоватоголубой

На этом же приборе можно с помощью набора пластинок-эталонов разности хода осуществлять и количественный контроль отжига.

Качество притирки и спая проверяют на вакуумной установке (рис. 81, а). Если изготовленное изделие или деталь имеет некачественный спай или притирку, то вакуумметр выявит этот дефект, и изделие должно идти на исправление. Для грубой проверки качества спая и притирки можно пользоваться упрощенной установкой с помощью водоструйного насоса и склянки Тищенко (рис. 81,6). Дефектное изделие при пробулькивании будет быстро обнаружено.

Глава 4. СТЕКЛОДУВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ БЕЗ СПАИВАНИЯ

Если достаточно хорошо освоены все ранее изложенные стеклодувные операции, то переход к выработке изделий не составит особого труда, так как формирование изделий состоит из ряда простейших уже описанных операций.

**Изготовление пробирок.** Широко распространенным стеклодувным изделием является пробирка. В настоящее время пробирки в массовых количествах изготавливаются механизированным путем на полуавтоматических установках (завод Лаборприбор). Как видно из схемы комплексной механизации производства пробирок (рис. 82), стекло из стекловаренной ванной печи подается в машины для вытягивания трубок, а затем в машины огневой резки заготовок. Заготовки передаются в машиныавтоматы, где происходит оплавление, разбортовка и формирование дна. Затем пробирки поступают в лер для отжига (при 540—560° C) и ленточным транспортером передаются для упаковки и в склад готовой продукции.

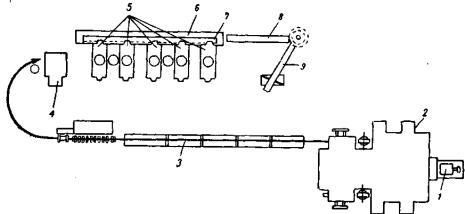


Рис. 82. Схема комплексной механизации производства стеклянных пробирок:

1 —автоматический загрузчик шихты; 2— ванна для варки стекла; 3— машины для вытягивания трубок; 4—машины огневой резки заготовок; 5—машины-автоматы; в—лер для отжига; 7—ленточный транспортер; 8— транспортер к упаковке; 9— транспортер к складу готовой продукции.

В практике лабораторной работы часто приходится непосредственно на месте изготовлять пробирки различных размеров и фасонов. Технологический процесс и последовательность переходов при изготовлении пробирок приводятся на схеме 2.

Пробирки для центрифуг, имеющие конусообразное дно, изготавливаются по тому же технологическому процессу, но перед удалением державы участок заготовки перед державой разогревают, оттягивают заданный конус и формируют дно (схема 3). Отжиг производят в пламени горелки без дутья воздуха.

Схема 2. Изготовление пробирок

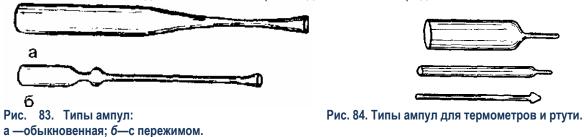
Переходы	Эскизы
Заготовка	
Растягивание в державу участка заготовки, размягченного в пламени горелки, переплавление державы и получение двух заготовок с державами	
Развертывание торца заготовки	
Удаление державы и изготовление круглого дна пробирки (с поддуванием внутрь)	
Отжиг дна в пламени без дутья воздуха	

	Схема	зготовление центрифужных п	робирок
--	-------	----------------------------	---------

Oxforma 0: 710: 0:02:10:11:	
Переходы	Эскизы

Заготовка	
Получение двух заготовок с державами	
Оплавление края, оттягивание конуса и формирование дна при нагревании	

Изготовление ампул. Ампулы обыкновенные и с пережимом (для лекарств), флаконы для антибиотиков изготавливаются из трубок на заводах ампульных препаратов и в специальных цехах фармацевтических заводов. Изготовление ведут на ампульных автоматах карусельного типа «Амбег», АМ-4, АА-24. Флаконы для антибиотиков производят также непосредственно из стекломассы.



Ручное изготовление ампул аналогично производству пробирок (см. схему 2), но вместо развертывания края оттягивают небольшую державу для заполнения ампулы необходимым раствором (стебель). Если требуется ампула с плоским дном, то его формируют так, как это показано на рис. 55. Типы ампул приведены на рис. 83. Ампулы обыкновенные изготавливают емкостью 1— 50 мл. Диаметр пульки 9,0—26 мм; диаметр стебля 2,0—8,0 мм; высота ампулы 100—220 мм; толщина стенки 0,4—1,0 мм.

Ампулы для термометров, как и ассортимент термометров, бывают следующих типов: метеорологические, лабораторные, нефтяные, сельскохозяйственные, промышленные, технические, специальные, контактные и бытовые; по типу размеров имеется более 4000 позиций. Основное производство термометров сосредоточено на Клинском термометровом заводе и Ивановской фабрике термометров. Ампулы и капилляры изготавливаются из термометрического стекла (рис. 84).

Вытягивание капилляра производится путем нагревания малого участка тонкостенной трубки. После разрезания капилляра на нужные размеры проводят его калибровку и на одном конце формируют резервуар (шарик, цилиндр или другая форма) для помещения термометрической жидкости (ртуть, этиловый спирт, толуол и т. п.). Наполнение ртутью, газом, подбор шкалы и сборка выполняются на предприятиях, специально оборудованных для производства термометров.

Изготовление заготовки мерной бюретки (рис. 85). Работа начинается с приготовления заготовки нужного диаметра. Длину заготовки можно определить ориентировочно (см. Приложение II). Например, если требуется изготовить бюретку емкостью 20 мл, то при диаметре трубки в 10 мм нужна высота в 255 мм. Учитывая необходимость формирования внизу спускного носика, а в верхней части развернутого края берут заготовку длиной 350 мм. На одном конце заготовки формируют оливки (рис. 52) для возможности одевания резинового шланга, на втором конце производят оплавление и развертывание края; отжиг проводят в пламени горелки без дутья воздуха.

Часто применяются бюретки с краном. Для этого к нижнему концу бюретки припаивают стеклянный кран, состоящий из муфты, пробки и отводных трубок.

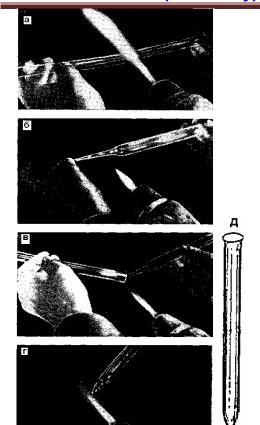


Рис. 85. Изготовление заготовки бюретки без крана: а—приготовление заготовки; б— формирование оливки на одном конце; в— оплавление и развертывание второго конца; г—оплавление и отжиг конца бюретки; д —готовое изделие.

В лабораторной практике широко пользуются мерными бюретками (с нанесенными делениями). Работа по нанесению делений (градуировка), как правило, выполняется отдельно, так как она требует наличия особого оборудования (делительной машины), приспособлений, инструмента и квалификации работающего. В случаях, не требующих особой точности, можно деления нанести хорошо отточенным ножом для резки трубок (рис. 24, в). В бюретку из мензурки с делениями выливают определенный объем жидкости и отмечают ее границу. На этом месте мелком или мылом делают отметку для нанесения деления. На месте отметки надо ножом провести несколько раз движениями, напоминающими пиление. Сильно надавливать на стеклянную трубку не следует, так как можно разбить стекло. Для лучшей видимости в деление вносят краску (белила, сурик и т. п.).

Изготовление колбы. При выборе трубки для изготовления колбы надо исходить, в первую очередь, из заданной емкости будущей колбы и из того, что диаметр шара колбы будет примерно в 2,5—3 раза больше диаметра исходной трубки. Например, требуется получить колбу емкостью ~ 100 мл. Такой емкости соответствует шар диаметром 58 мм (см. Приложение I, стр. 116). Следовательно, нужно выбрать трубку диаметром ~20 мм.

Технологический процесс и последовательность переходов по изготовлению шаровой колбы и колбы с плоским дном приведены на схеме 4. От трубки

соответствующего диаметра отрезают заготовку длиной ~250—300 мм. После нагревания производят раздувание шарика и растягивание с получением двух заготовок с державами. У каждой заготовки проводят развертывание торца и изготовление пробирки с круглым дном. Нижний конец пробирки вновь нагревают, стекло осаживают для накопления стекломассы и постепенно раздувают, сначала в виде вытянутого пузыря, а затем в виде правильного круглого шара.

Схема 4. Изготовление шаровой колбы и колбы с плоским дном

Переходы	Эскизы
Заготовка длиной 250 мм	
Изготовление двух заготовок с державами	
Развертывание торца заготовки	
Изготовление пробирок с круглым дном	
Осаживание нижнего участка пробирки и выдувание шара колбы	
Оформление плоского дна и отжиг колбы в пламене без дутья воздуха	

Если требуется получить плоское дно, последнее еще в размягченном состоянии обрабатывают плоской разверткой или достигают этого соприкосновением с плоскостью обугленной доски, фанерки и т. п.

Коническую колбу получают таким же путем, но размягченный шар обрабатывается вращением в деревянной или графитовой конической обкатке, колодке.

Изготовление капельницы. Капельница состоит из двух деталей: колбы для хранения вещества и пипетки для набора и отсчета капель. Колбу в большинстве случаев можно подобрать готовую. Пипетку изготовляют из трубки. Диаметр трубки подбирают таким образом, чтобы полая пробка, которая будет изготовлена у пипетки, совпала бы с внутренним диаметром горлышка колбы. Причем надо учитывать, что горлышко будет еще притираться для обеспечения герметичности, так как капельницы часто используют для легко летучих и ядовитых веществ.

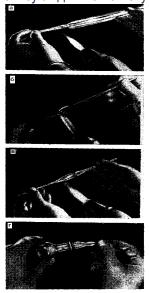


Рис. 86. Изготовление капельницы: а — оттягивание тонкого конца; б— формирование оливки; в удаление державы; г — готовое изделие.

У отобранной для пипетки трубки сперва стягивают тонкую державу; после повторного нагревания формируют оливку, переходящую в верхней части в полую пробку. Иногда на верхнюю часть пипетки надевают резиновый колпачок (рис. 86).

Изготовление волюметра. Применяются различные виды волюметров, служащих для определения объема жидкостей. Широко распространены волюметры, представляющие собой небольшую стеклянную колбочку с длинным и узким горлом, на котором раздут небольшой шарик. Процесс изготовления такого волюметра приводится на схеме 5. В качестве заготовки отбирают трубку диаметром 5—б мм. Нагреванием и осаживанием формируют на конце колбу требуемой емкости. Затем повторным нагреванием и раздуванием формируют малый шарик, заданного объема. Открытый конец колбы оплавляют и развертывают. Вогнутость дна можно достигнуть легким вдуванием в себя подогретого воздуха перед окончанием работы.

Изготовление пикнометра (схема 6). Простейший пикнометр представляет собой небольшую колбочку с узкой и длинной шейкой,

на которой наносится деление. Посредством пикнометра определяют плотность жидкости. Для изготовления такого пикнометра берут трубку небольшого диаметра (4—5 мм). Сначала обычным путем получают круглое дно, затем нагреванием и осаживанием формируют колбу заданной емкости. Диаметр ее определяют по вспомогательной таблице (см. Приложение I). Для устойчивости колбы оформляют плоское дно, что можно сделать легким прикосновением к графитовой поверхности, при поддувании. С помощью щипцов оформляют перед горловиной пережим. Горловину отделывают графитовой или металлической разверткой.

Каждый пикнометр комплектуется со стеклянной пробкой. Массивные стеклянные пробки изготавливают из стеклянных палочек. Для этого достаточно разогреть до размягчения палочку соответствующего диаметра и сразу же поместить разогретую массу в металлическую форму. При небольшом давлении стекло примет внутренние очертания формы и пробка готова для направления в отжиг.

Иногда необходимо иметь полые пробки, которые изготавливают из трубки соответствующего диаметра.

Схема 5. Изготовление волюметра Переходы Эскизы Заготовка в виде толстостенной пробирки формирование колбы нагреванием и осаживанием Формирование шарика Развертывание горла и получение волюметра

Схема 6. Изготовление пикнометра

OXEMIA U. PISTUTUBILE	ino minimorpa
Переходы	Эскизы
Пробирка с круглым дном	
Осаживание дна и выдувание колбы	
Развертывание горла колбы	
Формование пробки	Co Co
Готовое изделие	

Схема 7. Изготовление форштоса

Oxoma 117101010	овление форштоса
Переходы	Эскизы ,
Образование шара на конце трубки	
Развертывание края	
Разогревание и растягивание шара на конус	
Изгибание на горелке и получение форштоса	

Схема 8. Изго	этовление жиромера
Переходы	ЭСКИЗЫ
Заготовка	0
Формирование в верхней части пульки грушевидной формы	
Припаивание на нижнем конце резервуарчика	
Оформление ранта	

Изготовление форштоса (схема 7). Форштосы — приспособления для отвода жидкостей—изготавливают из толстостенных трубок с толщиной стенки ~2,0 мм и диаметром 20—25 мм. На одном из концов раздувают небольшой шар. Конец трубки для прочности после нагревания развертывают с образованием ранта, а шар нагревают и растягивают в виде эллипса. Конец закрывают пробкой. Повторным нагреванием эллипс растягивают в виде конуса. Для обеспечения возможности правильного изгиба заготовку в отмеченном месте разогревают и производят осаживание, т. е. накопление стекла. После должного размягчения сгибают трубку под углом 135—150° и обрезают по заданному размеру. Изделие подлежит отжигу.

Изготовление жиромера (схема 8). Жиромеры бывают различных видов, диаметров и длины. В качестве заготовки берут трубку диаметром 12—15 мм, длиной 200 мм. После разогревания в верхней части формируют пульпу диаметром до 24 мм с открытой шейкой, диаметр которой равен диаметру основной трубки. В нижней части формируют или припаивают отдельно заготовленный резервуар заданного объема. Общая длина — 185 мм. Изделие подлежит отжигу.

Изготовление корпуса для спиртомера (рис. 87). В качестве заготовки берут трубку диаметром 6— 8 мм, длиной 325 мм. В нижней части трубки после разогревания раздувают грушевидный баллон диаметром 27 мм.

Изготовление пипетки без делений (рис. 88). Изготавливают из трубок диаметром 3—8 мм. Вместимость пипетки самая различная — 0,5—100 мл; высота — 280—600 мм.



Рис. 87. Корпус спиртомера.

-

Рис. 88. Пипетка без делений.

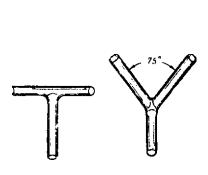


Рис. 89. Изготовление соединительных трубок: а —опаивание двух заготовок перпендикулярно друг другу; б — сгибание заготовки под заданным углом и припаивание к ней отростка

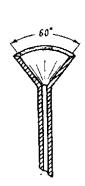


Рис. 90. Химическая воронка.

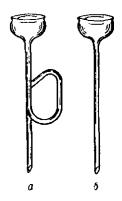


Рис. 91. Предохранительные воронки: а — петлевая; б ровная.

В верхней части трубки, после нагревания раздувают баллон нужной емкости.

Изготовление соединительных трубок. В лабораторной практике часто встречается необходимость иметь соединительные трубки, спаянные перпендикулярно и под различными углами (рис.89). В качестве заготовок служат трубки диаметром 5—10 мм, длина отростка — 25—75 мм. Спаивание проводят по способу тройникового спая (см. рис. 67).

Изготовление химической воронки (рис. 90). Химические воронки изготавливают с помощью развертки. В качестве заготовок берут толстостенные трубки с толщиной стенок 1,5—3,5 мм, длиной 35—175 мм и диаметром б—30 мм в зависимости от вместимости (35, 45, 55, 70, 100, 150, 200, 250, 300 мм). После нагревания одного из концов трубки производят развертывание до получения нужного угла.

Предохранительные воронки ровные и с петлевым коленом (рис. 91) изготавливают из трубок диаметром 5—7 мм, толщиной стенок 1,0—2,0 мм. Верхний резервуар (диаметром 40 мм) получают при

помощи фасонной развертки. Петлевое колено (высотой в 100 мм) изготавливают путем нагревания и изгиба. Общая высота воронки — 300 мм.

#### Глава 5. СТЕКЛОДУВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ СО СПАИВАНИЕМ

**Изготовление мерной пипетки.** В качестве основной заготовки отбирают трубку с диаметром, пригодным для изготовления расширенной части пипетки. Удобно пользоваться в этих случаях вспомогательной таблицей (см. Приложение II). Например, если намечается изготовить пипетку объемом 50 мл, а длину расширенной части желательно иметь 100 мм, то трубку надо взять диаметром 25 мм. Диаметр узких трубок (верхней и нижней) ничем не ограничивается, но обычно применяют трубки диаметром 6—8 мм.

У заготовки, отобранной для изготовления расширенной части, оттягивают державы с обоих концов (схема 9). При оттягивании державы нагревается и средняя расширенная часть пульки с таким расчетом, чтобы с помощью обкатки придать этому участку некоторую конусность. Оттянутые державы поочередно удаляют и .взамен припаивают заранее приготовленные узкие трубки длиной 150—200 мм. У нижней узкой трубки после подогревания оттягивают носик диаметром ~ 1,5 мм.

Схема 9. Изготовление мерной пипетки

Переходы

Заготовка с двумя державами

Удаление одной державы и припаивание узкой трубки
Припаивание трубки взамен второй державы и оттягивание носика

Определение точного объема пипеток производят методами количественного анализа с применением соответствующих эталонов.

При изготовлении пипетки Мора заготовку отбирают с расчетом получения двух пипеток. Отобранную заготовку после нагревания до размягчения растягивают с перешейком (схема 10). Затем разрезают по перешейку и получают два корпуса, имеющие по одной державе. К верху корпуса припаивают трубку диаметром 6—8 мм и длиной 200 мм; у державы формируют носик с диаметром 1,5 мм. Держава эта и служит трубкой для набора и истечения жидкости. После изготовления пипетки направляются в отжиг.

Изготовление стаканчика для взвешивания (рис. 92). Необходимый диаметр трубки определяют с помощью вспомогательной таблицы (см. Приложение 1). Герметичность достигается конусообразной формой стаканчика и крышки и их последующей притиркой. С этой целью заготовки нагревают и обработкой на обкатке придают им конусообразный вид. После повторного нагревания с помощью обкатки формируют дно и удаляют излишнее стекло. Выравнивание дна производят с помощью развертки; от размягченной стеклянной трубки или палочки прикрепляют к крышке порцию стекла; держатель или костылек формируют с помощью пинцета; затем отрезают стаканчик и . крышку на нужной отметке. Работу завершают отжигом, после чего стаканчик передается для шлифовки торцов и притирки.

Изготовление U-образной хлоркальциевой трубки. На схеме 11 приводится последовательность изготовления хлоркальциевой трубки. Берут заготовки диаметром 15—20 мм и длиной 250—400 мм. На расстоянии 15—30мм от края делают отверстия для припаивания отводных трубок. Отдельно заготовку сгибают приемами, описанными в разделе «Сгибание трубок». Место сгиба следует тщательно оправить. При сгибании надо открытые концы трубки закрыть пробкой и в одну из пробок пропустить узкую трубку для поддувания воздуха. Отводные трубки припаивают к отверстиям в основной заготовке. Иногда хлоркальциевые трубки делают с шаром и с шариком на отводной трубке (схема

12). В качестве заготовки берут трубку диаметром ~20 мм. и длиной 120—140 мм. Отдельно заготавливают трубку диаметром 5—6 мм, к которой припаивают раздутый шарик. На широкой трубке

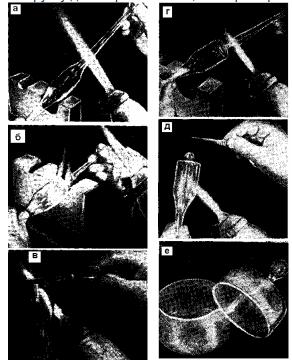


Рис. 92. Изготовление стаканчика для взвешивания: а—разогревание пульни и придание ей конусообразной формы с помощью обкатки; б—формирование корпуса и крышки на обкатке; в — выравнивание разверткой дна; г—прикрепление к крышке порции стекла; д — формирование держателя на крышке с помощью пинцета; е — готовое изделие.

оттягивают державу и раздувают шар диаметром, равным примерно двум диаметрам трубки. На расстоянии 50—60 мм от шара широкую трубку сгибают; к большому шару припаивают заготовленную трубку с шариком, затем трубку подогревают и загибают под прямым углом; в противоположную от шара сторону и ниже его припаивают отводную трубочку; после отрезания трубки оплавляют в пламени и изделие направляют в отжиг.

Изготовление ловушки. Одна из распространенных ловушек к аппарату Дина — Старка представлена на схеме 13. Последовательность приемов видна из схемы

В качестве основной заготовки отбирают трубку диаметром 15—18 мм, длиной 140— 150 мм. В первую очередь, при нагревании конца формируют ДНО предварительной оттяжкой державы, затем проводят развертывание основной трубки корпуса. Для получения отверстия место будущего прокола разогревают на остром пламени и оттягивают бугорок — «ус», который после обламывания открывает отверстие. Отдельно заготавливают отводную трубку диаметром 6—8 мм, длиной которую изгибают 150—200 MM, отмеченном месте. С помощью небольшой

развертки отверстие в корпусе после легкого подогревания оформляют небольшим выступом — «губкой». К этой губке припаивают отводную трубку. Место спая слегка поддувают и выравнивают. Ловушку направляют в отжиг.

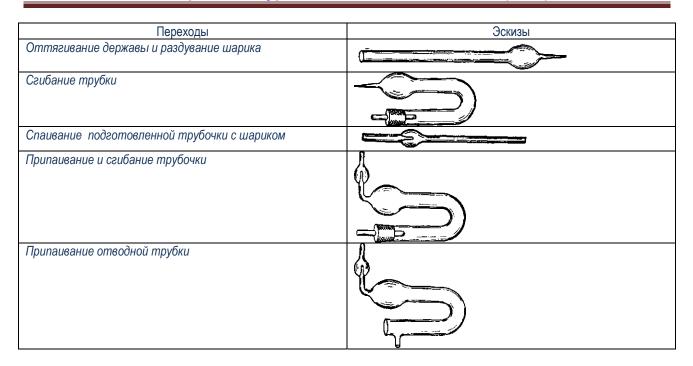
Схема 10. Изготовление пипетки Мора

Переходы	Эскизы
формирование двойной пульки с перешейком	
Получение двух корпусов	
Припаивание трубки к корпусу; оттягивание державы и оформление носика	

Схема 11. Изготовление U-образной хлоркальциевой трубки

	разной хлоркальциевой труски
Переходы	Эскизы
Заготовка	
Формирование двух отверстий для припаивания отводных трубок	
Трубочки с оливками	
Сгибание широкой трубки в форме U	
Припаивание отводных трубочек к основной заготовке	

Схема 12. Изготовление хлоркальциевой трубки с шаром и с шариком на отводной трубке



На рис. 93 приведено еще десять типов ловушек. Опишем некоторые из них.

Tun II. В трубку а намеченного диаметра (обычно 35—40 мм) приемом внутреннего спая с продолжением трубки наружу впаивают трубку б в месте в. Затем припаивают отросток е с оливкой и формируют дно.

Схема 13. Изготовление ловушки к аппарату Дина—Старка

exemia te: vici e tessicitise sies	ушки каппарату дина Отарка
Переходы	Эскизы
Развертывание заготовки корпуса	
Прокол отверстия	
Изгибание отводной трубки	
Припаивание отводной трубки к корпусу	

*Tun V.* К широкой трубке а в месте д—д припаивают трубку меньшего диаметра. Затем внутрь трубки а вводят сосуд для жидкого воздуха б с боковым отростком. Отросток этот в месте  $\epsilon$ . впаивают внутренним спаем в стенку основной трубки  $\epsilon$  В верхней части  $\epsilon$  также впаивают отводную трубку малого диаметра.

Tun IX. У заготовки а диаметром 10—12 мм последовательно раздувают три шара диаметрами, равными 2—2,5 диаметра трубки. У широкой трубки диаметром 35—40 мм припаивают с боков отростки с оливками б, в. Заготовку а вводят в широкую трубку и методами внутреннего спая заготовки спаивают вместе.

Изготовление кали-аппарата для поглощения двуокиси углерода. Аппарат этот в процессе эксплуатации подвергается взвешиванию, поэтому его изготавливают из самых тонкостенных трубок. В качестве исходной заготовки отбирают тонкостенную трубку с наружным диаметром 5—6 мм, длиной ~200 мм. На этой трубке на расстоянии 15—20 мм друг от друга раздувают шары а, б, в диаметрами 20—25 мм. В случае затруднения при раздувании таких шаров можно впаять отрезки трубок диаметрами 8—10 мм. На отдельных отрезках тонкостенных трубок раздувают шар г диаметром 30—32 мм и шар ∂ диаметром 40—42 мм. Все заготовки с шарами спаивают по одной оси, затем после легкого разогревания производят сгибание, как показано на схеме 14.

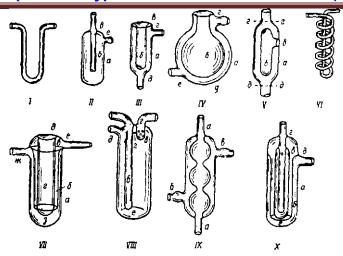


Рис. 93. Ловушки различных типов.

**Изготовление дефлегматора с одним или двумя шарами** (схема 15). На основной заготовке диаметром 15 *мм* и длиной 300 *мм* раздувают один или два шара диаметром 35—40 *мм*. В верхней части после нагревания на остром пламени открывают отверстие для припаивания отводной трубки, которую заготавливают отдельно (диаметром5,0—5,5*мм* и длиной 160 *мм*). Затем отводную трубку припаивают к основной заготовке. Изделие подлежит отжигу.

Изготовление более сложных дефлегматоров. Дефлегматоры Семенова — Арбузова, служащие для перегонки жидкостей, изготавливают в такой последовательности. У трех заготовленных трубок в производят развертывание краев (рис. 94). На трубке диаметром 16—18 мм раздувают шары а и б. Отдельно раздувают шар  $\varepsilon$  и трубку сгибают под углом. Заготовки спаивают вместе. Заготовленную шаровую воронку  $\varepsilon$  с краном припаивают к основной трубке  $\varepsilon$  в месте  $\varepsilon$ . К этой же основной трубке в месте  $\varepsilon$  припаивают заготовку с шарами  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon$ ,  $\varepsilon$ . Для лучшего истечения жидкости у основной трубки делают скос  $\varepsilon$ .

**Изготовление колбы для перегонки** (схема 16). Такие колбы изготавливают из тонкостенной трубки диаметром 25 *мм*, длиной 220 *мм*. На конце трубки раздувают шар диаметром 87 *мм*, а верх оплавляют и слегка разворачивают. В верхней части открывают отверстие для припаивания отводной трубки диаметром 8 *мм* и длиной 160 *мм*, которую заготавливают отдельно. После припаивания отводной трубки колбу для перегонки направляют в отжиг.

Колбы для перегонки под уменьшенным давлением (схема 17) изготавливают из тонкостенных трубок диаметром 18—20 мм, длиной 250 мм. На конце основной заготовки раздувают шар диаметром 66 мм. Верх заготовки оплавляют и слегка разворачивают. Затем заготавливают еще три трубки: отводную (d = 8—10 мм; / = 150 мм), вставную (d — 8 мм; / = 350 мм) и сливную (d=8 мм; / = 120 мм).

Схема 14. Изготовление кали-аппарата Либиха

Переходы	Эскизы
Заготовка	
Последовательное раздувание трех шаров на заготовке	
Раздувание шаров на отрезках трубки	
Спаивание заготовок с шарами	
Сгибание	

Схема 15. Изготовление дефлегматора для разделения жидкостей при фракционной перегонке

Переходы Эскизы

Схема 16. Изготовление колбы для перегонки (емкостью 250 мл)

Переходы	Эскизы
Заготовка	
Формирование на конце шара	
Оформление в верхней части отверстия для припаивания и развертывание края	
Припаивание отводной трубки	

Схема 17. Изготовление колбы Клайзена (емкостью 100 мл)

Переходы	Эскизы
Заготовка	
Формирование на конце шара	
Дополнительные заготовки	
Припаивание сливной трубки к отводной	
Припаивание отводной трубки	

К отводной трубке, примерно на середине, впаивают сливную. Сбоку колбы на высоте 100 мм впаивают отводную трубку. Вставную трубку помещают внутрь. Высота изделия вместе с вставной трубкой составляет 325 мм, без трубки — 245 мм. Изделие подлежит отжигу.

**Изготовление каплеуловителя** (схема 18). Заготавливают основную трубку диаметром 11,5 *мм*, длиной 300 *мм* и трубку диаметром 4—5 *мм*, длиной 450 *мм*. На основной заготовке раздувают шар диаметром 68 *мм*. В шаре открывают отверстие диаметром 5 *мм*. Узкую трубку изгибают под тройным углом и впаивают в шар.

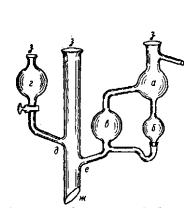


Рис. 94. Дефлегматор Семенова — Арбузова.

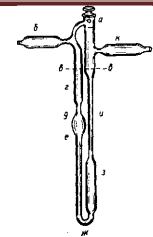
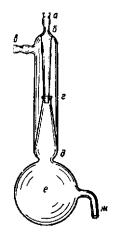


Рис. 95. Замкнутый вискозиметр.





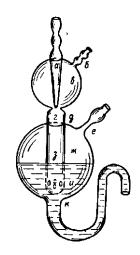


Рис. 97. Водоструйный насос для создания повышенного давления.

Изготовление водоструйного насоса. С помощью разрежающего водоструйного насоса можно получить вакуум до 10 мм рт. ст. Главной частью насоса являются две конусообразные трубки, из которых верхняя подает под напором воду, а нижняя — принимает эту струю воды вместе с захватываемыми частями воздуха или газа (рис. 96). Из трубки диаметром ~ 15 мм, длиной 120—150 мм формируют конус с размером нижнего сопла ~3,0 мм. Затем из трубки такого же диаметра изготавливают другой конус. Окончание этого конуса обрабатывают разверткой в виде ранта; следует особо следить за тем, чтобы при сборке конусов зазор между ними был бы минимальным (~1,0 мм) и строго центрированным. Для корпуса насоса берут трубку г диаметром 25—30 мм; длина должна соответствовать размерам заготовленных конусов, которые будут впаивать в эту трубку. В верхней части корпуса формируют оливку а для подключения насоса через резиновый шланг к водопроводной сети, а сбоку корпуса впаивают трубку диаметром 5—6 мм с оливкой в для подключения к емкости или установке, в которых надо создать разрежение. Способом внутреннего спаивания конусообразные трубки впаивают в местах б и д корпуса. Отдельно выдувают шар диаметром 40 мм — водосборник е с отводной трубкой ж для выхода воды. Шар припаивают к концу корпуса, на котором делают небольшие вмятины, как указано на рис. 96.

Для получения небольшого разрежения изготавливают водоструйный насос более простым способом (схема 19). В качестве заготовки берут трубку диаметром 20—25 мм и оттягивают нижний конец длиной 170—180 мм до диаметра 10—12 мм. К пульке, в верхней части припаивают заготовленную трубку малого диаметра (6—8 мм) с оливкой для подключения через резиновый шланг к емкости, в которой нужно создать разрежение. Отдельно заготавливают трубку диаметром 10—12 мм и длиной — 100 мм.

На этой трубке сверху делают, оливку для подключения к крану водопроводной сети, а ниже на расстоянии 50—60 мм раздувают рядом два шарика диаметрами, составляющими 1,5 диаметра трубки. В верхней части пульки после разогревания выдувают отверстие, которое разверткой оформляют в виде «губки». Узкую трубку с шариками помещают на губку отверстия и, поддувая, производят тщательное спаивание. Насос подлежит отжигу в муфельной печи.

Схема 18. Изготовление каплеуловителя

Переходы	Эскизы
Раздувание шара на основной заготовке	
Формирование отверстия в шаре	
Изгибание трубки под тройным углом	215
Впаивание изогнутой трубки в шар	205

Схема 19. Изготовление водоструйного насоса

Переходы	Эскизы
Заготовка пульки	
Припаивание отводной трубки	
Заготовка трубки с двумя шариками	
Формирование отверстия в пульке и его развертывание	
Помещение трубки с шариками на губку отверстия и спаивание	

Изготовление насоса для создания повышенного давления (рис. 97). Заготавливают два шара. Один из них диаметром 35—40 мм, а второй— 120—130 мм. Из трубки диаметром 12—15 мм формируют деталь а, сходящуюся на конус, который имеет внизу сопло диаметром ~3,0 мм. В верхней части трубки делают оливки для подключения насоса к водопроводной сети через резиновый шланг. Затем из другой трубки з диаметром 15 мм готовят деталь с круглым дном, имеющую у плечика дна четыре отверстия диаметром не менее 5 мм. В шар в диаметром 30—40 мм впаивают трубку с оливкой б для поступления воздуха из атмосферы. В большой шар ж впаивают отросток е для подключения к емкости, в которой надо создать повышенное давление. Способом внутреннего спаивания деталь а впаивают в шар в. Заготовленную трубку з впаивают в большой шар ж, который внизу имеет отвод для воды и служит водяным затвором. Воздух, забираемый из атмосферы, проходит через инжектор г, пробулькивает через отверстия и в свободный объем шара и выходит через отросток е в емкость, где создается повышенное давление.

**Изготовление мономера для измерения высокого вакуума** (рис. 98). При изготовлении манометра необходимо заготовить капиллярные трубки, имеющие строго одинаковое сечение (проверяется перемещением столбика ртути). Диаметр капиллярных трубок зависит от величины измеряемого давления, но в основном используют трубки диаметром 0,2—0,3 *мм*.

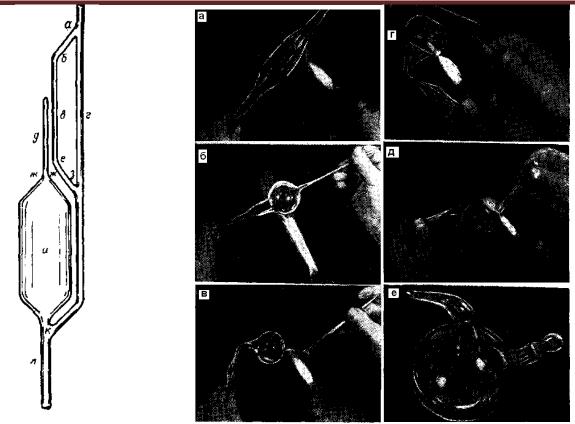


Рис. 98. Манометр для измерения высокого вакуума.

Рис. 99. Изготовление капельницы с пробкой: а—разогревание пульки; б—выдувание лишнего стекла; г —оформление донышка колбы; в —изгибание шейки и удаление колбы; припаивание муфты; е- готовая капельница.

Последовательность изготовления манометра следующая: к трубке  $\varepsilon$  (диаметром 7—8 mm) в местах а и з припаивают капилляр  $\varepsilon$ , несколько раздутый на концах, начиная с мест  $\varepsilon$  и  $\varepsilon$ . К емкости  $\varepsilon$  в верхней части припаивают капилляр  $\varepsilon$  обязательно такого же диаметра, как и капилляр  $\varepsilon$ ; в нижней части — трубку  $\varepsilon$  диаметром ~10  $\varepsilon$  мм. В месте  $\varepsilon$  припаивают один конец трубки  $\varepsilon$ , которую предварительно сгибают под углом, как видно на рис. 98. Манометр помещают в муфельную печь для отжига.

Схема 20. Изготовление муфты простого двухрантового крана

_	Эскизы
Переходы	ОСКИЗЫ
Отрезок крановой трубки с державами	
Вытягивание конуса муфты после разогревания	
Удаление одной державы, оплавление края и развер-	
тывание ранта	—— <del>—</del>
Присоединение стеклянной палочки в месте будущего припаивания первой отводной трубки и формирование	
второго ранта	
Присоединение стеклянной палочки в месте будущего припаивания второй отводной трубки и удаление первой палочки	
Припаивание отводных трубок к муфте и передача на отжиг	

Схема 21. Изготовление пробки для простого крана

Переходы
Отрезок стеклянной палочки с державами
Формирование конуса и удаление одной державы
Припаивание к заготовке шейки пробки
Припаивание ручки (костылька) пробки

Удаление другой державы и прокалывание отверстия

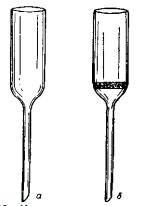


Рис. 100. Изготовление стеклянной воронки с пористой пластинкой: а — цилиндрическая воронка; б— цилиндрическая воронка с впаянной пористой пластинкой.

**Изготовление капельницы с пробкой** (рис. 99). Для изготовления колбы сперва из трубки диаметром 14—16 *мм* оформляют пульку, которую после разогревания раздувают в колбу; шейку колбы изгибают и державой удаляют лишнее стекло. Графитовой или металлической разверткой оформляют дно колбы. Отдельно заготавливают трубку диаметром 6—8 *мм*, которую после прокола отверстия в колбе припаивают в виде муфты; изготовленную заранее пробку помещают в муфту и капельница готова. Часто после отжига капельницу направляют для притирки пробки с муфтой.

**Изготовление воронки и тигля с пористой пластинкой** (рис.100). Для фильтрации растворов очень часто применяют воронки и тигли с пористой пластинкой. Стеклянные пластинки разной пористости (100—120 мк, 40—50 мк, 20—25 мк, до 10 мк) изготавливают на заводах химико-лабораторного стекла. При впаивании пластинки нужно следить, чтобы она была перпендикулярна к оси воронки или тигля. Воронку или тигель

подбирают по диаметру, совпадающему с диаметром пластинки. Спаивание производят на остром пламени так, чтобы разогрелись не только стенки воронки, но и края пористой пластинки. Изделие надлежит в горячем состоянии поместить в муфельную печь для отжига и медленного охлаждения.



Рис. 101. Изготовление шарового холодильника: а —разогревание заготовки; б—выдувание первого шара; в —выдувание последующих шаров; г — развертывание и отделка края;

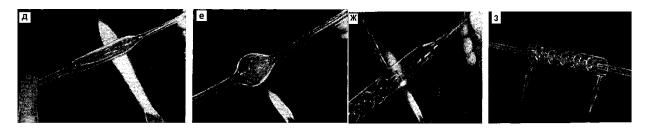


Рис. 101. Изготовление шарового холодильника:

д—подготовленная деталь; е— помещение детали в трубку нужного диаметра; оттягивзние отверстия для припаивания отводной трубки; ж— припаянная отводная трубка; з—припаивание боковых трубок после удаления лишнего стекла

Изготовление шарового холодильника (рис. 101). Для наружного корпуса холодильника применяют трубки диаметром не менее 35 мм. Для внутренней детали, имеющей 4—6—8 раздутых шаров, берут трубку диаметром 15—16 мм. Сперва подготавливают внутреннюю трубку с заданным количеством шаров. Шары раздувают размером в 1,5 диаметра трубки (24 мм). После разогревания заготовки раздувают первый шар, таким же образом получают и все последующие шары. После этого производят развертывания концов и отделывание края. Подготовленную деталь с шарами вводят внутрь большой трубки и закрепляют асбестовыми прокладками, при этом расстояние от шаров до стенок должно быть не менее 4—5 мм. Деталь с шарами должна находиться в центре (оси наружной и внутренней детали должны совпадать). Общая длина холодильника составляет 400—500 мм. После помещения детали в трубку производят нагревание острым пламенем и оттягивание «уса» с целью получения отверстий для припайки вводной и отводной трубок. Способом внутреннего спаивания производят верхний и нижний спай. На вводной и отводной трубке формируют оливки для одевания резиновых шлангов. После удаления лишнего стекла от спаев и припаивания боковых трубок изделие направляют в муфельную печь для отжига.

Изготовление крана. Этот процесс требует дополнительного оборудования: форм, отжигательной печи, притирочных станков, абразивов, патронов и др. Приводим краткое изложение порядка изготовления кранов в лабораторных условиях. Сперва выдувают муфту (неподвижную часть крана). Для изготовления муфт применяют особые толстостенные трубки (крановые). Диаметр заготовки подбирают таким образом, чтобы он соответствовал предполагаемому диаметру муфты. Крановые трубки всегда толстостенные, поэтому вводить их в пламя надо особенно осторожно во избежание растрескивания. У заготовки длиной 150— 200 мм (в зависимости от величины крана) оттягивают с обеих сторон державы (схема 20). На широком пламени разогревают утолщенную часть трубки таким образом, чтобы один конец разогрелся больше второго. Это делают для того, чтобы иметь возможность вытянуть конус тела муфты. Затем узким пламенем удаляют одну из держав и после оплавления края развертывают рант. В месте будущего припаивания отводной трубки временно присоединяют для удобства работы вспомогательную стеклянную палочку и формируют второй рант; в месте будущего присоединения второй отводной трубки также припаивают палочку. Первую теперь удаляют и на узком пламени оттягивают бугорок, который затем отламывают и получают отверстие. Диаметр этого отверстия несколько превышает диаметр трубки, подлежащий припаиванию. Торец припаиваемой трубки утолщают, немного размягчают и развертывают. Подготовленное отверстие доводят до размягчения и производят припаивание без поддувания, а лишь за счет размягчения. Вторую отводную трубку припаивают таким же способом.

При массовом изготовлении муфт для формирования ранта пользуются асбестовой пробкой. Готовую муфту отжигают в пламени, равномерно разогревая почти до начала размягчения стекла, а затем отжигают в муфельной печи.

При изготовлении пробки для простого крана (схема 21) диаметр стеклянной палочки должен быть несколько больше диаметра намечаемой к получению пробки. С концов отобранной палочки оттягивают две державы. Заготовку нагревают, осаживают для накопления стекла и с помощью обкатки при постоянном вращении формируют конус и удаляют одну державу. К заготовке припаивают от размягченной палочки шейку пробки. Из отдельной стеклянной палочки после размягчения формируют ручку (костылек), который припаивают к шейке; затем удаляют вторую державу и прокалывают отверстие. Пробку, как и муфту, следует отжечь в пламени, разогревая почти до размягчения, и поместить в муфельную печь для отжига.

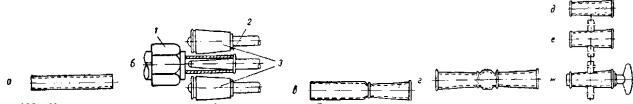


Рис. 102. Изготовление стеклянных муфт для кранов на обкаточном станке: а—заготовка на две муфты; б—узел для изготовления муфт механизированным способом (1 — патрон специального приспособления; 2—керн, вводимый в обогреваемую горелкой трубку; 3—ролики, прижимающие к керну заготовку); в—заготовка муфты с готовым рантом; г—заготовка с двумя муфтами и последующим отжигом; д—муфта после удаления лишнего стекла; е — муфта с припаянными к ней отводными трубками; ж—готовый край-

В заводских условиях изготовление муфт механизировано. Для этой цели используют обкаточный станок с патроном специального приспособления (рис. 102). Заготовку, рассчитанную на две муфты, помещают в патрон и обогревают пламенем горелок; в заготовку вводят керн, а снаружи подводят вращающиеся ролики, прижимающие вращающуюся заготовку к керну. На этом же патроне формируют ранты муфты, затем заготовку с двумя муфтами передают на отжиг. Отводные трубки припаивают ручным способом. Производительность обкаточного станка в 14—16 раз выше ручной. Выпуск в смену на одного рабочего составляет 700—800 муфт, против 50 штук при ручном способе.

Муфты и пробки после отжига подвергают *шлифовке* и *доводке*, которые производят на притирочных станках с применением различных шлифовальных материалов (наждачный порошок, корунд, карборунды и др.). Процесс шлифовки состоит из ряда операций: обдирки, грубой, средней и мелкой шлифовки и доводки. Обдирку муфты производят на обдирочном станке, в патрон которого закрепляют колодку с конусом. На конус надевают «бурло» (железная оправка соответствующей конусности). Подавая на вращающееся бурло и муфту абразивный материал в смеси с водой, периодически и ритмично надвигают муфту на вращающийся конус с бурлом. Для грубой обдирки применяют абразивы 80, 100, 120; для средней шлифовки — наждаки 230, 325; для мелкой шлифовки — наждаки марки М-20; М-14. Для правильной и ровной обдирки муфту надо слегка вращать до тех пор, пока пробки, к которым они должны быть впоследствии пришлифованы, могут быть введены на половину своей длины.

Обдирку пробок производят таким же способом, но меняют оснастку. Пробку закрепляют в деревянную колодку; обдирочный конус, изготовленный из металла, ритмично и периодически надвигается на пробку, на которую подается абразивная кашица. Обдирку производят до тех пор, пока пробка полностью не станет матовой и примет конусность муфты.

Шлифовку производят таким образом. На закрепленную в патрон пробку периодически надвигают муфту, подавая на конец пробки соответствующий шлифовальный материал. При каждой смене абразива необходимо тщательно промывать муфту и пробку, чтобы не осталось крупных зерен предыдущего материала — это часто приводит к браку. Последовательность шлифовки простого крана показана на рис. 103.

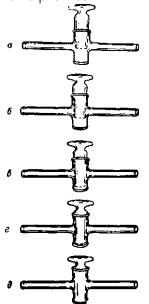


Рис. 103. Последовательность шлифовки простого крана: а —грубая обдирка муфты; пробка крана не подвергалась обдирке; бпробка и муфта крана после грубой шлифовки: в —после трех-четырех подкладываний наждака в начале средней шлифовки; г -- после средней шлифовки; д- после мелкой шлифовки

Стекольная промышленность выпускает в широком ассортименте различную аппаратуру со шлифами. Изделия эти удобны тем, что при выходе из строя одной из деталей (муфты или керна) можно ее заменить другой, запасной, герметичность будет сохранена, если трущиеся поверхности нормально смазывать. Шлифы изделий по форме и размерам должны соответствовать ГОСТу 8682—58.

Работа с кварцевым стеклом. Редкое сочетание ценных физико-химических свойств кварцевого стекла обеспечило ему в настоящее время широкое распространение в самых различных областях науки и техники. Изделия, приборы и отдельные детали изготавливают из кварцевых трубок или заготовок на кварцедувных горелках (рис. 104). В качестве горючего газа при спаивании и обработке применяют природный газ городской газовой сети при кислородном дутье. Давление кислорода не должно превышать 2 ат. Наилучшим газом для кварцедувных работ является водород, дающий при сжигании в кислороде совершенно чистое, некоптящее пламя достаточной температуры.

Особенность кварцевого стекла заключается в том, что уже при нагревании до 500°C оно легко соединяется с различными примесями (пыль, жир, налеты и другие), которые образуют затемнения стекла, ведущие к посечкам и растрескиванию. Работы с кварцевым стеклом требуют исключительной чистоты рабочего места, оборудования, инструментов, полуфабрикатов и особой подготовки работающего. Надо иметь отдельные инструменты и оснастку для работы с

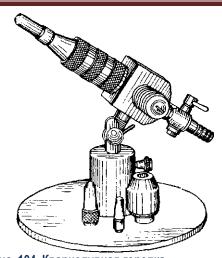


Рис. 104. Кварцедувная горелка.

кварцевым стеклом. Развертки и другой инструмент следует делать не из дерева, а из графита. Приемы работы и технологические операции в основном такие же, как и при работе с другими сортами лабораторного стекла. Разрезание кварцевых трубок с диаметром до 25 мм выполняют также «на излом». Трубки больших диаметров разрезают с помощью тонкого вращающегося стального диска с абразивной суспензией. Резание горячим способом к кварцевым трубкам не применимо.

Нагревание, вращение, растягивание, сгибание и спаивание производят, как и с обычным лабораторным стеклом, но с учетом вязкости, высокой температуры размягчения и способности к кристаллизации. На схеме 22 приводится описание процесса изготовления ампулы из кварцевого стекла.

Схема 22. Изготовление ампулы из кварцевого стекла (диаметр трубки 30—35 мм)

Переходы	Эскизы
Изготовление пульки длиной 150 мм	
Растягивание конца пульки в державу под оливки	
Изготовление оливок	
Удаление одной державы	
Раздувание дна для получения отверстия и отрезание конца у державы	
Введение образца в заготовку ампулы	
Запаивание конца заготовки — изготовление ампулы	

Впаивание металла в кварцевое стекло производят под вакуумом, так как под действием высокой температуры, при которой это стекло размягчается, вольфрам и молибден, используемые для впаивания, на воздухе сильно окисляются, распыляются и произвести спайку становится почти невозможно.

#### Глава 6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

Производство стеклодувных работ связано с использованием открытого огня стеклодувной горелки, применением в качестве полуфабриката хрупких стеклянных трубок или заготовок, имеющих острые режущие края, постоянным обращением с деталями, разогретыми до высокой температуры, обращением с взрывоопасными газами и сжатым воздухом. Необходимо также уметь пользоваться собственными органами дыхания для повышения давления воздуха. Работа требует привлечения зрения, осязания с целью обеспечения нужных и рациональных рабочих движений. Все эти обстоятельства при недостаточном соблюдении правил эксплуатации оборудования или пренебрежительном отношении к соблюдению правил безопасности и промышленной санитарии могут вызвать серьезные последствия и травмы (пожар, взрыв, ожоги, порезы и т. п.).

Как правило, в качестве горючего используют газ городской газовой сети. Может случиться, что газ во время перерыва в работе проник в рабочее помещение и при первом появлении искры или огня произойдет взрыв. Поэтому **строжайше запрещается** входить в рабочее помещение с огнем или папиросой, либо сразу же запускать электродвигатели. Перед началом работы необходимо тщательно проверить правильность запорных кранов на газопроводах, проветрить помещение в течение не менее 5 мин, продуть воздуховод и шланги воздухом, проверить плотность насадки шлангов на трубы и горелки и только после этого зажигать горелки, соблюдая установленный порядок (стр. 39).

Наличие открытого огня приводит к избытку тепла и образованию продуктов неполностью сгоревших газов, поэтому рабочее помещение следует систематически и регулярно проветривать.

Поскольку во время работы неизбежно наличие открытого огня, необходимо строжайше соблюдать правила пожарной безопасности. Инструкция пожарной безопасности должна находиться на видном легко доступном месте в каждом рабочем помещении. У рабочих мест должны быть огнетушители, ящики с песком, асбестовые покрывала и другие средства для тушения пожара. Надо стремиться, чтобы в рабочем помещении было минимальное количество деревянных и легко воспламеняющихся устройств и оснастки (стеллажи, полки, перегородки, деревянные ящики и т. п.).

При необходимости пользования кислородом, который подается через воздушный шланг (в случае смешения кислорода с воздухом), давление кислорода должно быть меньше давления воздуха. Это обстоятельство очень важно, так как при более высоком давлении кислород попадает не только в воздуховод, но и в газовые трубы и горелку и при попытке зажечь последнюю неминуемо произойдет взрыв газо-кислородной смеси.

Порезы пальцев, губ чаще всего происходят, из-за небрежного обращения со стеклянными трубками. На первоначальной стадии освоения стеклодувных работ необходимо предварительно оплавлять торцы трубок, намеченных к экспериментальным упражнениям, иначе неизбежны порезы.

При резании не следует с силой надавливать на трубку. Надо строго придерживаться описанного порядка резки. Короткий конец стеклянной трубки после нанесения ножевой метки отрезать горячим способом (крючком, стеклянной палочкой) или положить трубку на опору (призма) меткой вверх и быстрым ударом ножа или другим подобным предметом отделить нужную часть.



Рис. 105. Расположение вентиляции при стеклодувных работах.

На первых порах освоения стеклодувного дела очень распространены ожоги рук. Главный источник этих ожогов — беспорядочное содержание рабочего места. Нагретую заготовку или деталь кладут не в имеющуюся для этой цели подставку, а тут же под рукой на стол и через некоторое время, забыв, что деталь горячая, хватают ее рукой, так как внешне она ничем не отличается от холодной. В помещении, где производятся стеклодувные работы, недопустимы сквозняки, так как струи холодного воздуха, попадая на горячие изделия, вызывают их растрескивание или ведут к посечкам стекла.

Рабочее место, безусловно, должно быть оборудовано приточновытяжной вентиляцией. Приток свежего чистого воздуха необходим в верхней' части рабочего помещения, а отсос загрязненного воздуха производится вытяжной вентиляцией, расположенной ближе к месту работы (рис. 105).

Допустимая концентрация нетоксической пыли не должна превышать 2,0 мг/м3, концентрация вредных примесей (окись углерода) — 0,02 мг/м3. Чистоту воздуха в помещении следует проверять отбором проб не реже 1 раза в месяц.

Установки для механизированной резки трубок необходимо размещать в отдельном помещении, оборудованном приточно-вытяжной вентиляцией. Помимо вентиляции, должно быть устройство для отсоса и удаления пыли непосредственно у режущего диска, так как при резке образуется стеклянная пыль, вызывающая при длительном вдыхании серьезное заболевание—силикоз.

Расстояние между стеклодувными горелками при расположении на одном столе — не менее 125 см.

Освещение помещения, где производятся стеклодувные работы, должно быть естественным, отвечающим требованиям производства точных работ. Необходимо учесть, чтобы на рабочее место не падали солнечные лучи, так как они лишают возможности видеть изделие в пламени. В вечернее время предпочтительно иметь верхний общий свет.

Хранение каких-либо легко воспламеняющихся материалов в помещении, где производятся стеклодувные работы, строжайше запрещается.

При отсутствии высококалорийного газа и необходимости его получения карбюрированием керосина, нефти, бензина и других горючих веществ установку, полностью удовлетворяющую требованиям противопожарной безопасности, следует расположить за пределами цеха.

При ремонте приборов возможны несчастные случаи вследствие того, что прибор был ранее заполнен вредными или горючими веществами, которые полностью не удалены. Следует принять за правило — не приступать к работе с аппаратом, прибором или деталью, бывшими в употреблении, прежде чем не будет тщательно очищено, вымыто и высушено подлежащее ремонту изделие.

Органы дыхания человека не приспособлены для дутья и применение их в качестве производственного компрессора (поддувание) является вынужденным обстоятельством. Поэтому злоупотреблять приемами выдувания и поддувания не следует. Длительное и усиленное пользование легкими в качестве аппарата для дутья может привести к нежелательным осложнениям (энфизема легких, воспаление околоушной железы, травма губ и т. п.). В заводских условиях при массовом выпуске изделий (ампулы, пробирки и другие), где успешно применяется механизация, автоматически подается сжатый воздух, получаемый с помощью компрессоров. Заводы электровакуумной промышленности почти полностью ликвидировали применение индивидуального дутья.

В лабораторных условиях при необходимости изготовления единичных изделий и деталей неизбежно применение индивидуального дутья, но осуществлять его следует осторожно, разумно и рационально. Когда стекло находится в размягченном состоянии, поддувание надо производить медленно и слабо; по мере охлаждения стекла и повышения его вязкости следует усилить поддувание; заметив охлаждение стекла, надо поддувание вообще прекратить, так как кроме вреда оно ничего принести не может. Надо предостеречь от коллективного пользования одной и той же трубкой или деталью при поддувании. Это создает возможность взаимозаражения.

По глубине поражения кожи различают ожоги первой, второй, третьей и четвертой степеней.

Первая степень — самый легкий ожог — характеризуется покраснением кожи, болью и припухлостью. При ожогах второй степени появляются пузыри, наполненные жидкостью, происходит омертвение поверхностных слоев кожи.

Третья и четвертая степени — это тяжелые поражения тканей, лежащих под кожей.

Если обожжена небольшая часть тела (до 20% площади кожи), ожоги второй степени заживают при правильном лечении в течение 8—12 дней, а ожоги первой степени — за 2—3 дня.

Прежде всего, при ожогах первой и второй степеней для уменьшения боли и устранения загрязнения надо обмыть обожженное место струей чистой холодной воды или с помощью марлевого бинта и салфетки. Затем можно смочить больное место 70%-ным спиртом или одеколоном и наложить сухую стерильную повязку. Ни в коем случае нельзя прокалывать образовавшиеся пузыри, накладывать самим без врача на обожженную поверхность какие либо мази, жиры, масла, присыпать рану питьевой содой. Цель первой доврачебной помощи — предохранить рану от загрязнения и попадания инфекции, создать условия, щадящие поврежденную поверхность и уменьшающие боль, после чего следует немедленно обратиться к врачу.

Если невозможно сразу попасть на прием к врачу, то можно, соблюдая строгую стерильность, применять 1 % раствор новокаина для уменьшения боли, припудривание стрептоцидом, смачивание 2% раствором марганцовокислого калия. До этого необходимо тщательно обработать обожженную поверхность.

Если на человеке загорелась одежда, надо сбить пламя струей воды, засыпать песком, снегом или завернуть пострадавшего в одеяло, ковер, пальто или любую плотную ткань. Нельзя бежать в горящей одежде, от этого только увеличится пламя и усилится ожог. Не следует срывать с обожженного места одежду, ее надо разрезать и снять. Поверх приклеившихся кусков ткани накладывают чистую, сухую повязку.

От непосредственного действия крепких кислот или щелочей могут быть химические ожоги тех же степеней, что и при обычных ожогах. Степень повреждения зависит от концентрации (крепости) веществ, времени их действия и площади ожога.

Первая помощь состоит в обильном промывании обожженного участка струей воды. При ожогах серной кислотой обмывать водой не следует, так как от этого сильно нагревается кожа: лучше применить растительное масло.

Для нейтрализации кислот применяют 20% раствор питьевой соды, для нейтрализации щелочей — 2% раствор уксусной или лимонной кислоты. Затем накладывают чистую повязку.

При порезах стеклом появляются резаные или колотые раны, поэтому, оказывая первую помощь, надо не только умело остановить кровотечение, но и предохранить рану от загрязнения. Оказывающий помощь должен, в первую очередь, тщательно вымыть руки с мылом и, не вытирая их, обработать спиртом или водкой, а кончики пальцев смазать 5%-ной йодной настойкой. Кожу вокруг раны после удаления кусочков одежды следует обмыть спиртом или одеколоном и смазать йодной настойкой в направлении от раны. Нельзя заливать рану йодом, так как это вызывает ожог поврежденных тканей и заживление проходит медленнее. Поверхность раны можно припудрить порошком белого стрептоцида, но не обильно, так как это не усилит ликвидацию деятельности бактерий, а может вызвать головную боль и даже рвоту у пострадавшего, которого лучше при оказании помощи уложить.

Все раны практически заражены микробами, которые могут быть причиной возникновения осложнений (воспаление, сепсис, столбняк и т. п.). Нельзя промывать рану перед наложением повязки, так как при этом могут быть занесены гноеродные микробы. Остановить кровотечение следует наложением давящей повязки или жгута. Повязку делают из стерильного материала (марля, бинт, вата, индивидуальные пакеты) или в случае его отсутствия материал стерилизуют в домашних условиях, прогладив его с двух сторон горячим утюгом. На одну сторону ткани следует накапать йодной настойки (чтобы пятно закрыло рану) и просушить, прежде чем прикладывать к ране. При перевязке нельзя касаться руками той стороны ткани, которая обращена к ране. Поверх марли или ткани кладут вату, а затем накладывают бинт.

В случае ранения стеклом надо прежде всего определенно решить вопрос о наличии или отсутствии в ране инородного тела, т. е. осколка стекла. При легком ощупывании поврежденной поверхности в месте расположения инородного тела обычно ощущается боль. Если осколок находится на поверхности и его можно удалить, то это следует сделать с соблюдением всех предосторожностей, чтобы не загрязнить рану. Но лучше всего удаление инородного тела предоставить хирургу, ограничившись при оказании первой помощи только смазыванием кожи вокруг раны йодом и наложением стерильной повязки. При сильном кровотечении накладывают жгут (резиновая трубка длиной 1,5 м с цепочкой на одном конце и крючком на другом).

В случае повреждения самых поверхностных слоев кожи, появляющихся в результате ушибов, следует наложить пузырь со льдом или холодную примочку.

В рабочем помещении должна находиться укомплектованная аптечка, в которой хранятся бинты, марля, вата, чистые полотенца, индивидуальные перевязочные пакеты, предохранительные очки, пинцеты, ножницы, резиновый жгут, пузырь для льда, грелка, 5%-ная йодная настойка, одеколон, раствор нашатырного спирта, белый стрептоцид, борный вазелин, 1 % раствор новокаина, 2% раствор марганцовокислого калия, 20% раствор двууглекислого натрия (питьевая сода), 2% раствор уксусной или лимонной кислоты и другие средства для оказания первой помощи.

#### Рекомендованная литература.

Арбузов А. Е., Руководство по самостоятельному изучению стеклодувного искусства, Госхимиздат, 1933.

Ботвинкин О. К., Запорожский А. И., Кварцевое стекло, Стройиздат, 1965.

Веселовский С. Ф., Стеклодувное дело, Изд. АН СССР, 1952. Дубров о С. К., Стекло для лабораторных изделий и химической аппаратуры, Изд. «Наука», 1965.

Качалов Н. Н., Стекло, Изд. АН СССР, 1959.

Справочник по производству стекла, под ред. И. И. Китайгородского, т. I, Госстройиздат, 1963.

Чмутов К. В., Техника физико-химического исследования, Госхимиздат, 1954.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

## Внутренние диаметры выдуваемого шара при заданном объеме

	Диаметр,		
Объем, мл	MM	Объем, мл	Диаметр, мм
0,1	6	550	102
0,5	10	600	104
1,0	12	650	107
1,5	14	700	110
2,0	15,5	750	112
2,5	17	800	115
3,0	18	850	117
4,0	20	900	120
5,0	21	950	122
10,0	27	1000	124
15,0	30	1100	128
20,0	34	1 150	130
30,0	38	1200	132
40,0	42	1300	135
50,0	46	1400	138
60,0	48	1500	141
70,0	51	1600	145
80,0	53	1700	148
90,0	55	1800	151
100	58	1900	153
110	59	2 000	156
120	61	2150	160
130	63	2 300	164
150	66	2 500	168
160	67	3000	178
170	69	3 500	188
180	70	4000	197
190	71	4 500	205
200	72	5000	212
225	75	5 500	219
250	78	6000	225
275	81	6500	231
300	83	7000	236
325	85	7 500	243
350	87	8000	248
400	91	8 500	253
425	93	9000	258
450	95	9 500	263
475	97	10000	267
500	98		

## ПРИЛОЖЕНИЕ II

## Высота цилиндрических сосудов (в мм) в зависимости от их объема и диаметра

Диа-										06	ъем,	МЛ										
метр, <i>мм</i>	1	2	5	10	20	30	50	75	100	150	200	300	400	500	750	100 0	150 0	200 0	250 0	300 0	400 0	5000
1	1270	2550																				
2	320	640	1590	3200																		
3	142	283	720	1420	2830																	
5	51	102	255	510	1020	153 0	255 0															
10	12,7	25,5	64	127	255	380	640	980	127 0	192 0	255 0											
15		11,4	28	57	114	170	280	425	570	850	114 0	170 0										
20			15,9	32	64	95	159	240	320	480	640	950	127 0	159 0								
25 30			10,2	20,7 14,2	41 28,3	61 42	102 72	153 106		305 213	410 280	610 420	820 560	102 0 720	153 0 106 0	144 0						
35					20,8	31	51	78	104	156	208	310	420	510	780	104 0						
40						24	40	60	80	120	159	240	320	400	600	800	120 0					
50								38	51	76	102	153	200	255	380	510	760	102 0				
60									36	55	72	109	142	177	265	365	550	720	910			
70										39	52	78	104	130	195	260	390	520	650	780		
80											40	60	80	100	149	199	300	400	500	600	800	1000
100												38	51	64	99	127	192	255	320	380	510	640
120														44	66	89	132	177	220	265	355	440
140																65	97	130	162	195	260	325

(Голь М. М. Руководство по основам стеклодувного дела. Л., "Химия", 1974.)