

В ПОМОЩЬ ДОМАШНЕМУ

**МАСТЕРУ**

# **САМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

ПЕЧИ ■ ВУЛКАНИЗАТОРЫ ■ ЛИТЕЙНЫЕ УСТАНОВКИ  
БЕНЗИНОВАЯ ГОРЕЛКА ■ ТЕРМОПАРЫ



**ПРАКТИЧЕСКОЕ  
РУКОВОДСТВО**

УДК 671/673  
ББК85.12  
С17

**Оригинал-макет подготовлен  
издательством «Центр общечеловеческих ценностей»**

**Самодельное оборудование для изготовления ювелирных изделий. Печи. Вулканизаторы. Литейные установки. Бензиновая горелка. Термопары: Справочник/Сост. В.Б. Лившиц. — М.: Издательство Оникс, 2006. ~ 32 с: ил. — (В помощь домашнему мастеру).**

ISBN 5-488-00487-4

Литейное оборудование заводского изготовления для индивидуального производства в домашних условиях практически не применяется. В нашей книге приводятся сведения, ознакомившись с которыми вы сможете изготовить простейшее литейное оборудование и приспособления для работы в домашних условиях.

УДК 671/673  
ББК85.12

ISBN 5-488-00487-4

© Лившиц В.В., составление, 2006  
© ООО «Издательство Оникс»,  
иллюстрации, оформление обложки, 2006

## Часть 1. КАК САМОСТОЯТЕЛЬНО СОБРАТЬ ЛИТЕЙНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Плавильная и муфельная печи, вулканизатор, инжектор, литейные установки и другое оборудование заводского изготовления для индивидуального производства в домашних условиях практически не применяются по причинам, связанным с дорогой ценой, большими габаритами, большой энергоемкостью и пр. Поэтому мастера-ювелиры, работающие индивидуально в домашних условиях, могут сами изготовить простейшее литейное оборудование и приспособления.

### Самодельная электрическая плавильная печь

Самодельная электрическая плавильная печь (*рис. 1*) состоит из камеры, обогреваемой нихромовой спиралью, и алундового тигля. Терморегулятор регулирует температуру до 1100-1150 °С.

Длина огнеупорной трубы составляет 250-300 мм, с обеих сторон трубы сверлятся по два замковых отверстия для нихромовой проволоки (нагревателя). Длину проволоки вычисляют по формуле;

$L = R \times (S/r)$ , где:

$R$  - сопротивление проволоки, Ом;

$S$  - сечение нихромовой проволоки,  $\text{мм}^2$ ;  
 $\rho$  - удельное электросопротивление нихрома,  $(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)/\text{м}$ ;  
 $L$  - длина проволоки, м.  
 Удельное сопротивление нихрома  $= 1,2 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .  
 Проволоку наматывают на алундовую трубу и об-

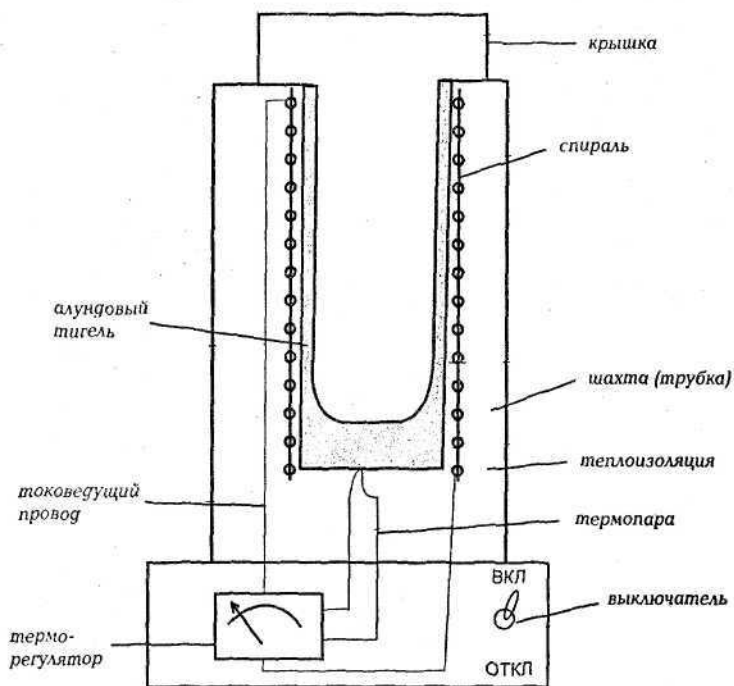


Рис. 1. Схема самодельной электрической плавильной печи

мазывают жидким стеклом. После его высыхания трубу с проволокой обматывают листовым или шнуровым асбестом.

Плавку золота в электрической печи проводят в графитовом тигле, который устанавливают щипцами. Золото покрывают бурой. Следует помнить, что установку в печь загруженного шихтой тигля осуществляют, когда печь нагрета до температуры плавления.

ния шихты. Извлекают готовый расплав в тигле также щипцами и производят разливку металла по формам.

## Самодельные муфельные печи

Печь выполнена из муфеля, изготовленного из огнеупорной глины, на который наматывается нихромовая проволока (рис. 2).

Основной частью печи является рабочая камера или муфель. Его выполняют из огнеупорной глины

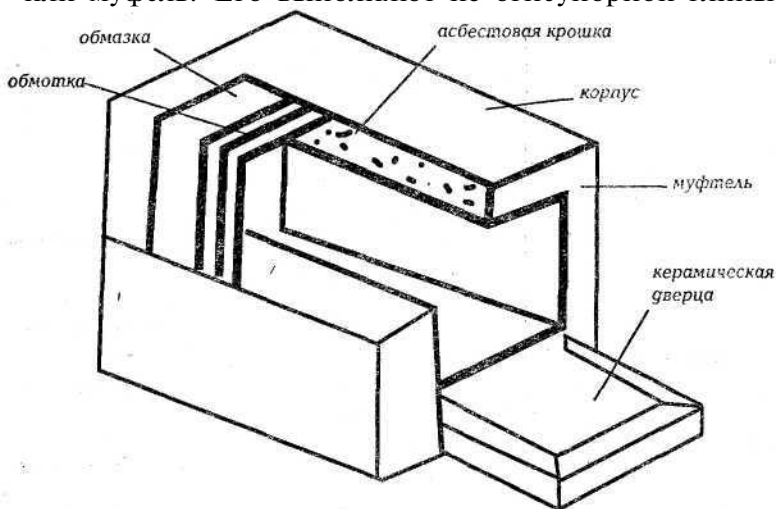


Рис. 2. Схема самодельной муфельной печи

(шамота или динаса), размером внутренней части 250x200x200 мм и толщиной стенок 10 мм. Контур (раму) муфеля изготавливают из картона по его форме, Глину наносят на внутреннюю часть коробки и пропитывают парафином. Толщина глиняного слоя 10 мм. Из этой же глины лепят пластинку (затвор) для дверцы. После того как глиняные детали вылеплены, их помещают в духовку и досушивают в течение двух часов при температуре 100 °С. Далее их из-

влекают из духовки и прокаливают при температуре около 900 °С. Затем глиняным деталям дают медленно остыть. Дверцу с помощью слесарного инструмента подгоняют к муфелю, чтобы она плотно входила глиняной плитой в муфель. На него наматывают 18 м нихромовой проволоки диаметром 0,75 мм, находящуюся в кембрике из ПЭВ 0,8-0,9 мм, для того чтобы выдержать интервал между витками. Чтобы обмотка не раскручивалась, первый и последний виток временно скручивают. Затем провод снимают с муфеля и удаляют ПЭВ-защиту, а металлический провод снова наматывают на муфель и замазывают глиной образовавшиеся зазоры. После того как глина высохнет, на имеющуюся сухую обмазку муфеля с проволокой наносят еще один глиняный слой толщиной 12-15 мм из глины, смешанной с порошком асбеста.

Готовый нагревательный элемент вставляют в металлический кожух и крепят к нему дверцу с помощью петель. Свободное пространство между нагревательным элементом и корпусом печи забивают асбестом. Для установки термопары в задней части кожуха печи делают отверстие диаметром 10 мм. Печь потребляет 220 В переменного тока.

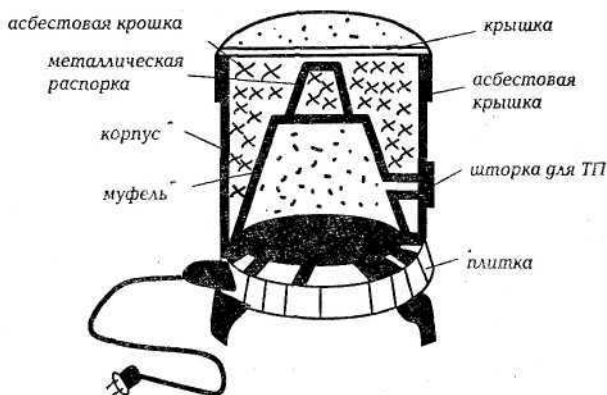


Рис. 3. Схема самодельной муфельной печи для небольших форм

Конструкцию печи для небольших опок можно изменить. При этом будет изготовлена вертикальная печь с конусным муфелем (рис. 3). Для ее изготовления потребуется бытовая плитка. Корпус печи изготавливают из стального листа толщиной 0,5-0,9 мм. Муфель чашкообразной формы делают из огнеупорной глины по технологии, описанной выше. Пространство между муфелем и кожухом также заполняют асбестовой крошкой. Обращают внимание на плотное прижатие муфеля к электроплитке.

### Самодельные вулканизаторы

Для изготовления первого вулканизатора необходим ручной пресс, электроутюг с регулятором температуры, металлическая плита (пластина), в которую вмонтирован нагреватель электроутюга. На плиту прессы устанавливают электроутюг гладильной плоскостью вверх, как показано на рис. 4. Резиновую прессформу, выполненную из сырой резины, накрывают дюралюминиевым или стальным листом толщиной

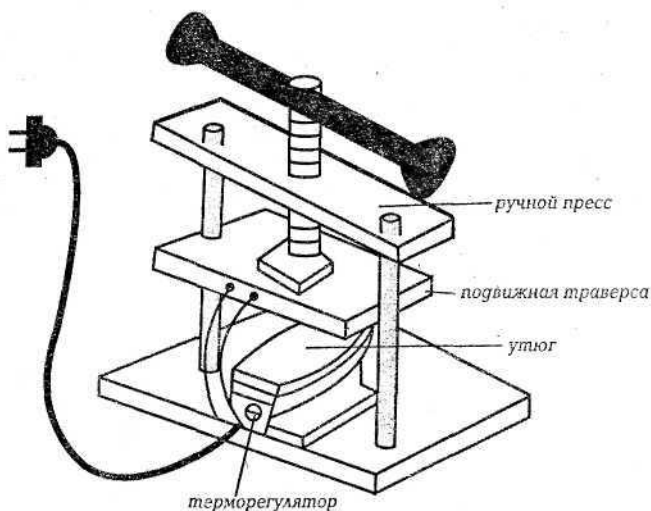
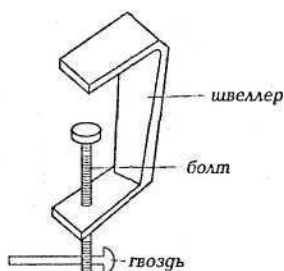


Рис. 4. Общий вид вулканизатора



*Рис. 5. Простейшая струбцина*

2-3 мм и зажимают верхней подвижной траверсой ручного пресса. Установку температуры осуществляют терморегулятором, установленным на утюге. Терморегулятор предварительно градуируется при помощи ХА термопары или термометра.

В качестве второго вулканизатора можно использовать простейшую струбцину (рис. 5), изготовленную из кусочка швеллера, болта и гвоздя. Вулканизационную пресс-форму в раме, зажатую струбциной совместно с плитами, помещают в нагретую муфельную печь, где установлен регулятор температуры.

### Самодельная центробежная литейная установка

Простейшая центробежная установка показана на рис. 6. Ее можно изготовить самостоятельно. Для этого, через деревянную ручку пропускают металлический стержень толщиной около 5-7 мм. К стержню прикреплено коромысло длиной 250-300 мм, изготовленное из проволоки диаметром 4 мм, с кольцами на концах проволоки.

Подставка для опок изготавливается из стального листа. Ее можно сделать из подходящей консервной банки. К бортику подставки прикрепляют скобу высотой 11-12 см. Верх скобы делают из витого кольца или выступа. Скобу соединяют с коромыслом с помо-



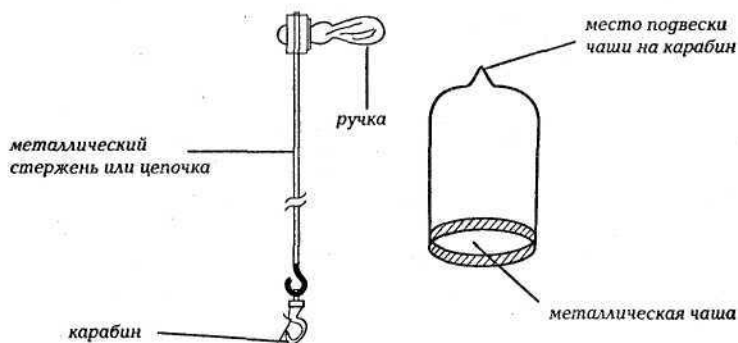


Рис. 6. Простейшая литейная центробежная установка

щью карабина. При изготовлении простейшей установки-центрифуги металлический стержень можно заменить прочной цепочкой из любого сплава или прочной веревкой.

Простейшую литейную центробежную установку можно еще упростить, применив ручную центрифугу (см. рис. 7).

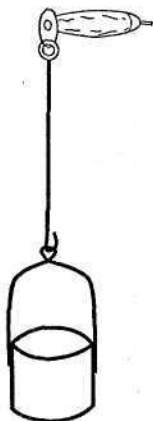
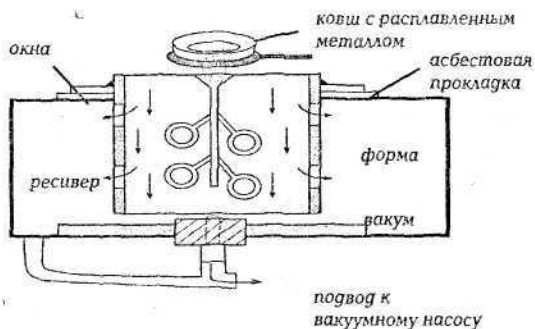


Рис. 7. Простейшая литейная центробежная установка в сборе (ручная центрифуга)

## Самодельная вакуумная литейная установка

Самодельная вакуумная литейная установка простейшей конструкции показана на *рис. 8*. Она состоит из рабочей камеры, ресивера, опоки, резиновой прокладки, заслонки ручки. Для лучшего заполнения формы после расплавления металла при работающем насосе открывают заслонку, убирают горелку и к литейной чаше прижимают крышку с влажным асбестом.



*Рис. 8. Схема вакуумного литья*

## Самодельная бензиновая горелка

Простейшая самодельная бензиновая горелка показана на *рис. 9*. Ее несложно изготовить самостоятельно. Она состоит из ножного насоса-лягушки, двух резиновых трубок, стеклянной банки с широким горлышком и резиновой широкой пробки, двух металлических или стеклянных трубок диаметром 4 мм, изогнутых под прямым углом, пистолета инъекционного типа и стержня-ручки с газораспределительным устройством. Все детали собираются, как показано на *рис. 9*. Бензиновые пары, смешанные с воздухом, создают факел голубого цвета температурой 1150 °С.

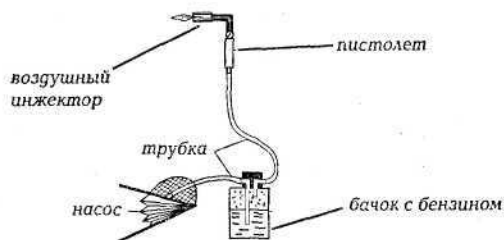


Рис. 9. Схема бензино-воздушной горелки

## Самодельные хромель-алюмелевая и платино-платинородиевая термопары

Для измерения температуры жидкого расплава, а также температуры в печах используют термопары. В печах используют хромель-алюмелевую термопару, поскольку она достаточно точно измеряет температуру до  $1000^{\circ}\text{C}$ , для измерения температуры до  $1200^{\circ}\text{C}$  применяют платино-платинородиевую термопару. Хромель-алюмелевая термопара состоит из двух проволок. Хромелевая проволока имеет следующий химический состав: на 90% никеля приходится 10% хрома. Состав алюмеля: 2% алюминия, 1% кремния, 0,5% кобальта, 2% марганца и 94,5% никеля. В состав платино-платинородиевой термопары входят две проволоки: платиновая имеет 100% платины, а платинородиевая проволока имеет 90% платины и 10% родия.

Термопары изготавливаются следующим образом. Спаивают две проволоки из хромеля и алюмеля. Получается источник тока. Если нагреть спай термопары, то пойдет электрический ток. Этот ток покажет гальванометр, к которому будут подсоединены неспаянные (свободные) концы термопары (рис. 10).

После сборки термопары по схеме (рис. 11), устанавливают регулятор ЛАТРа в нулевое положение. Повернув ручку ЛАТРа на несколько секунд, подают ток. В месте контакта двух проводов появляется ша-

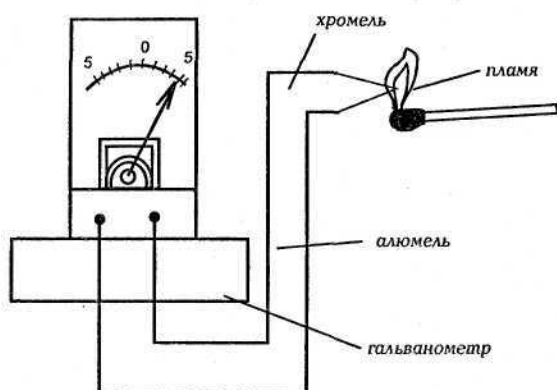


Рис. 10. Принцип работы термопары

рик расплавленного металла. Это место называется спай термопары. После получения спая присоединяем свободные концы к гальванометру, отградуированному в мВ. Необходимая температура соответствует показаниям, приведенным в табл. 1.

Таблица 1

**Термоэдс в милливольтгах**

№ п/п	Температура, °С	Материалы термопары		
		платина-плати- нородий (мВ)	хромель-алю- мель (мВ)	90 Ir + 10 Rh – 90 Ir + 10 Ru
1	200	1,4	8,4	1,1
2	400	3,2	16,6	2,3
3	600	5,2	25,5	3,6
4	800	7,3	33,3	5
5	1000	9,6	41,4	6,2
6	1200	12,0	—	7,4
7	1400	14,3	—	8,4
8	1600	16,6	—	9,4
9	1800		10,3	

Примечание: 1) термоэдс — термоэлектродвижущая сила в милливольтгах (мВ); 2) платино-платинородиевой термопарой температуру до 800°C не измеряют из-за плохой наглядности на шкале гальванометра и из-за экономических соображений. Для температуры более 1200°C применяют термопару иридиевородиевую-иридиеворутениевую.

Следует помнить, что во избежание замыкания, проволоки термопар должны быть вставлены либо в фарфоровые бусы (*рис. 12*), либо помещены в ПВХ трубки.

Согласно *табл. 1* можно отградуировать шкалу гальванометра одновременно и в милливольтгах и градусах Цельсия. Пример градуировки термопары ХА дан на *рис. 13*.

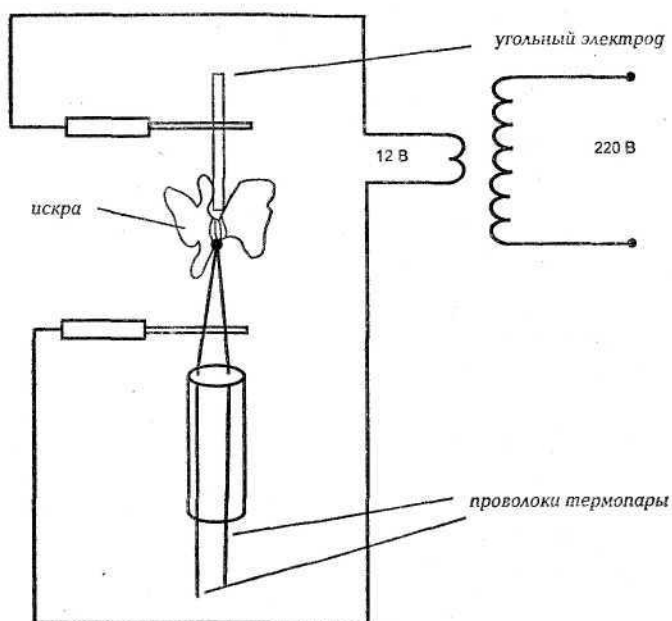


Рис. 11. Схема изготовления термопары

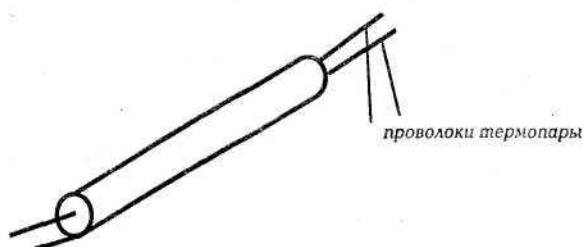


Рис. 12. Фарфоровая бусина

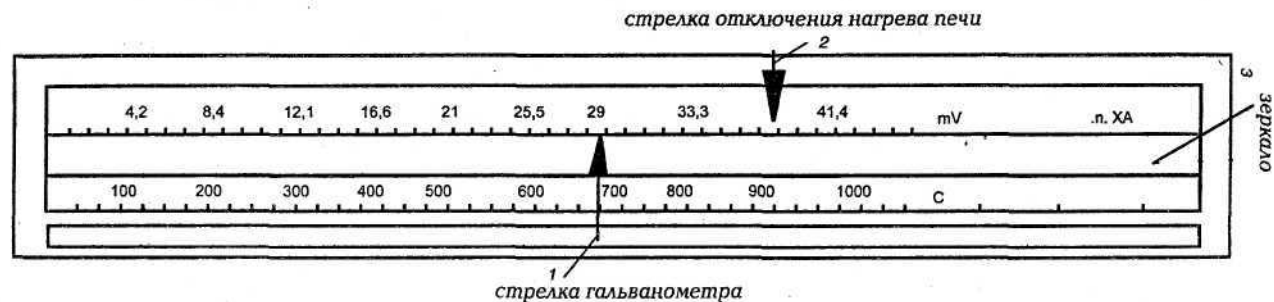


Рис. 13. Шкала гальванометра, отградуированная одновременно в мВ и в °С:

1 — стрелка гальванометра, показывающая температуру в муфельной печи; 2 — стрелка, отключающая нагрев печи при достижении заданной температуры; 3 — зеркало

## Часть 2. Свойства металлов

Металлы - это поликристаллические тела, которые состоят из большого числа маленьких кристаллов - зерен, которые различно ориентированы друг к другу. Величина зерен достигает  $10^{-1}$ – $10^{-5}$  см. Наиболее характерные свойства металлов объясняются наличием в них легкоподвижных общих электронов проводимости. Поэтому, если к концам металлического провода приложить разность потенциалов, то коллективизированные электроны начнут движение в одном направлении - потечет электрический ток.

Если металл отшлифовать или отполировать, то он будет иметь вид однородной металлической массы. Однако это явление кажущееся, так как при внимательном рассмотрении, даже без помощи увеличения или при небольшом увеличении от 10 до 30 раз его строение - структура металла. Это - микроструктура в отличие от микроструктуры, которая изучается при помощи отполированных протравленных шлифов с помощью поляризационных микроскопов при увеличении от 40 до 2000 раз. Как было уже отмечено при меньшем увеличении, при рассмотрении макроструктуры применяют бинокулярные лупы.

### Строение металлов

Все металлы относят к кристаллическим телам, поскольку они состоят из большого количества отдельных зерен, плотно прилегающих друг к другу и прочно связанных между собой силами сцепления.

Образование кристаллов происходит во время остывания и затвердевания жидких металлов (кристаллизации). Этот процесс можно рассматривать так: при охлаждении жидкого металла начинается образование центров кристаллизации, в которых атомы металла располагаются в определенном порядке, образуя кристалл, имеющий форму куба, призмы, октаэдра и др. Однако в процессе крис-



таллизации возникает много центров кристаллизации и полнограницных кристаллов не образуется или образуется незначительно, так как соседние кристаллы мешают друг другу развиваться правильно, поэтому кристаллизация происходит несвободно. В результате нарушения очертания кристаллов получают искаженную геометрию - их углы закругляются, сдавливаются и поэтому образовавшиеся зерна (кристаллиты) имеют неправильную форму.

Если увеличить скорость охлаждения металлов, больше возникнет центров кристаллизации, тем меньше будут их размеры. И наоборот, чем медленнее остывает металл, например при кристаллизации в песчано-глинистых формах, тем зерна будут крупнее - до нескольких сантиметров. Известен исторический случай, когда был отлит большой стальной слиток с расширением кверху. В его верхней части, где металл застывал медленно в последнюю очередь (в центре усадочной раковины), был обнаружен кристалл длиной около 300 мм. Его обнаружил один из учеников Д.К. Чернова, которому этот кристалл и был подарен. Чернов первый подробно описал ход кристаллизации слитка, и описанный кристалл вошел в историю металлургии под именем «кристалла Чернова».

Чистые металлы (медь, цинк) образуют во время кристаллизации зерна шестигранной формы. Сплавы с железной основой, углеродистая и легированная стали с большим интервалом затвердевания кристаллизуются в дендритообразной форме, иногда столбчатой структуры. Независимо от формы кристаллов, шестигранной или столбчатой (дендритной), первичные кристаллы производят впечатление зерна, хорошо видимого на поверхности металла. В изломе может быть крупное или мелкое «зерно». Крупность его зависит от условий кристаллизации, скорости, времени и других факторов, которые изложены выше.

Свойства металлов и сплавов делятся на физические, механические, технологические и химические.

## Физические свойства

**Цвет и блеск.** Эти свойства определяют внешний вид металла и являются важными для художественных изделий. Этими свойствами характеризуются художественно-эстетические достоинства металлов как материалов, из которых получают произведения искусства. Каждый металл или сплав обладает определенным цветом. Однако большинство из них имеет однообразную гамму серовато-белых, серебристых тонов иногда более теплых, иногда более холодных. Исключение составляют сплавы золота, имеющие насыщенный желтый цвет, и медь, имеющая оранжево-красный цвет. Добавка этих металлов в сплавы придает последним желтые и красные оттенки. Меняются цвета сплавов и в зависимости от химического состава. Особенно сильное изменение цветов наблюдается в сплавах медь-никель и медь-цинк.

Система Cu-Ni представляет интерес для художественного материаловедения, так как основой таких сплавов являются мельхиоры и нейзильберы. При введении в эти сплавы никеля также меняется цветовая гамма сплавов, поскольку меняется длина волны отраженного света. При содержании никеля от 25 до 30 % относительный коэффициент отражения выравнивается для всех длин волн. Сплавы теряют цветовую окраску и становятся серыми. Нужно отметить следующую закономерность, что чем более пологий график зависимости относительно коэффициента отражения от длины волны, тем ближе цвет металла к серому, так как одинаково отражаются все цвета. При содержании 10 % никеля сплав имеет четко выраженную границу поглощения  $\lambda$  гр, соответствующую красному цвету. На спектральных диаграммах этих сплавов видно, что при увеличении содержания никеля от 10 до 25 % суммарная яркость красного и желтого цветов уменьшается на 10 %. При рассмотрении цветовых характеристик латуней (сплавов меди с цинком) следует обратить внимание на цветовые характеристики при разном процентном содержании цинка. В табл. 2 приведены цвета разных сплавов латуни с измененным химическим составом.

Таблица 2

% Zn	Цвет сплава	% Zn	Цвет сплава
5	Красный	25	Светло-желтый
10	Красно-желтый	30	Золотисто-желтый
15	Желто-красный	35	Желтый
20	Красновато-желтый		

В табл. 3 приведены цвета наиболее распространенных в художественной промышленности металлов на основе золота, серебра, меди и ее сплавов, а также хрома, никеля, чугуна и алюминия.

Таблица 3

Металлы и сплавы	Цвет	Металлы и сплавы	Цвет
Чистое золото	Желтый	Чистое серебро	Белый
Низкопробное золото	Желто-красный	Низкопробное серебро	Серо-белый
Сплав золота с серебром	Красно-зеленый	Никель	Серый теплый
Медь	Красный	Хром	Холодный серый
Бронза	Желто-красный	Алюминий	Тусклый серый
Томпак	Красно-желтый	Чугун	Серовато-черный
		Зерк	Серовато-белый

**Плотность.** По плотности все металлы разделяются на легкие и тяжелые. Легкие имеют массу до  $3 \text{ кг/см}^3$ , а тяжелые - от 6 и выше.

**Температура плавления** металлов и сплавов находятся в пределах от 160 (сплавов Вуда) до  $3380^\circ\text{C}$  (вольфрам). Ртуть при комнатной температуре находится в жидком состоянии, поскольку у нее температура плавления  $-39^\circ\text{C}$ .

Сплавы с температурой плавления менее  $700^\circ\text{C}$  называются легкоплавкими, а превышающие  $900^\circ\text{C}$  - тугоплавкие.

Таблица 4

Температура плавления, °С	Металлы и сплавы	Температура плавления, °С	Металлы и сплавы
231,9	Олово	1083	Медь
327	Свинец	1170	Мельхиор
419,4	Цинк	1455	Никель
650	Магний	1539	Железо
658	Алюминий	1554	Палладий
960,5	Серебро	1615	Хром
900 – 1045	Латуни	1773,5	Платина
1050	Нейзильбер	1966	Родий
1010 – 1140	Бронзы	2370	Рутений
1063	Золото	2700	Осмий
		3410	Вольфрам

В табл. 4 приводится температура плавления некоторых металлов, применяемых при изготовлении художественных изделий.

Нетрудно разделить металлы и сплавы на легкоплавкие и тугоплавкие. Следует отметить, что легкоплавкие сплавы и мягкие припои изготавливаются из легкоплавких металлов.

### Механические свойства

Механические свойства металлов играют важную роль в производстве художественных изделий. Например, прочность или временное сопротивление при разрыве. Это свойство показывает, какие нагрузки выдерживает изделие не разрушаясь. Для его получения изготавливают образец, имеющий галтели с обоих концов. Его разрывают на разрывной машине.

**Упругость или предел текучести (МПа).** Упругость тоже измеряется на образцах, предназначенных для изучения прочности на том же оборудовании. Однако нагрузка при растяжении снимается в момент увеличения длины образца без приложения нагрузки, в области упругой деформации. При снятии нагрузки образец возвращается в первоначальное положение. Однако остается приращение длины. Оно не должно превышать 0,02%

первоначальной длины (для художественных изделий). Остаточное приращение длины - остаточное удлинение. Это свойство важно при глубокой вытяжке металлического изделия или при штамповке и других видах обработки металлов давлением. Наибольшей вытяжкой обладает хромоникелевая сталь, цветные сплавы на алюминиевой и медной основах, а также золото и серебро. Они имеют достаточно большое остаточное удлинение.

*Пластичность* (обозначается  $d$  или  $u$  для круглых образцов) - величина обратная временному сопротивлению. Пластичность - это свойство металла изменять свою форму под действием приложения силы, без образования трещин и разрывов. Пластичный металл сохраняет полученную форму после снятия нагрузки.

Как мы раньше отмечали, высокая пластичность наблюдается на ряде цветных (сплавы на основе меди, алюминия, магния и т. д.) и драгоценных металлов (золото, серебро, платина).

*Твердость* - свойство металлов сопротивляться проникновению в них другого тела. Если прибор вдавливают в испытуемый образец (закаленный стальной) шарик, то в металле остается лунка, которая после измерения диаметра и глубины соответствует определенной твердости материала. С помощью таблиц эта величина информирует о твердости в безразмерной величине. Этот метод называется измерением твердости по Бринеллю. Так, для свинца твердость по Бринеллю соответствует 4, цинка - 30, алюминия - 20, меди - 35, малоуглеродистой стали - 100, хромоникеля - 269.

Если в узел, содержащий вдавливаемое тело (индентер), вставить алмазную пирамиду или стальной шарик определенной твердости, то по разности глубины отпечатка между глубиной отпечатка стандартной нагрузки равной 10 кг и заданной получаем число твердости, которое указывается на шкале прибора. Этот способ называется - измерение твердости по Роквеллу, а рабочий узел прибора, в котором заключены шарик или алмазная пирамида - индикатор.

Таблица 5

№ п/п	Минерал	Твердость по Моосу	№ п/п	Минерал	Твердость по Моосу
1	Алмаз	10	9	Турмалин	7–7,5
2	Рубин и сапфир	9	10	Жадеит	6,5–7
3	Шпинель	8	11	Нефрит	5,5–6,5
4	Топаз	8	12	Полевой шпат	5–6,5
5	Александрит	8,5	13	Лазурит	5–6
6	Горный хрусталь	6,5–7	14	Малахит	3,5–4
	Аметист		15	Бирюза	5–6
	Авантюрин		16	Жемчуг	3–4
	Тигровый глаз		17	Янтарь	2–3
	Кошачий глаз		18	Коралл	3–4
	Соколиный глаз				
7	Халцедон	7–7,5			
8	Гранат альмандинового ряда	7–7,5			

В ювелирном производстве применяют способ Шора. Особенно часто этот способ используют при определении твердости драгоценных камней. Прибор, определяющий твердость по методу Шора царапанием, называется склероскоп. При этом на испытуемый металл бросают шарик с определенной высоты. Твердость металла определяется высотой, на которую отскакивает боек (падающий предмет). Этот способ удобен тем, что он относится к способу неразрушающего контроля и может применяться к готовым художественным изделиям. Однако есть другой метод определения твердости - метод царапания. Из таблицы по определению твердости царапанием видно, что са-

мым твердым телом является алмаз, его твердость равна 10. Смысл метода заключается в следующем: если при царапании на испытуемом материале остается царапина (способ используется в основном для определения твердости ювелирных камней), то, следовательно, он мягче того, которым наносится царапина; если же следов не остается, то испытуемый материал тверже того, которым царапают. Этот способ царапания очень относителен, но, тем не менее, ювелиры им пользуются, например, при закреплении камня в кольцо и пр. Таблица твердости основных минералов, используемых в ювелирных работах, приведена выше (табл. 5).

*Выносливость* - свойство металлов выдерживать не разрушаясь большое количество переменных нагрузок, особенно в зависимости от температурных условий. Например, некоторые металлы в связи с полиморфизмом на морозе становятся хрупкими, а иногда вообще могут превратиться в порошок (оловянная чума). Так как явление выносливости еще мало изучено, то в настоящее время следует принять к сведению, что ряд металлов могут относиться к хладостойким, нехладостойким и хрупким. К первым относят некоторые стали, сплавы на основе цинка; ко вторым - медные и алюминиевые сплавы; к третьим -- чугун (серый). Временное сопротивление ( $\delta_B$ ), предел текучести ( $\delta_T$ ), твердость НВ относят к служебным свойствам.

### Технологические свойства

При изготовлении художественных изделий очень важными считаются такие технологические свойства, которые придают способность ряду металлов обрабатываться без затруднений, включая литье, ковкость, спекаемость, свариваемость, обрабатываемость, резание, окисление и пр.

К литейным свойствам относится ряд свойств. Такие как жидкотекучесть, жидкоподвижность, стойкость к га-

зонасыщению, трещинообразованию, усадке и ликвации (неоднородность по химическому составу).

Однако жидкотекучесть, пожалуй, самое существенное из перечисленных, поскольку оно информирует работающего: можно ли получить изделие литьем, при какой температуре следует заливать металл и каким способом следует отливать его.

*Жидкотекучесть* - это свойство металла заполнять форму, а *жидкоподвижность* - это способность не только заполнять форму, но и способность заливать тонкий рельеф поверхности формы, например, черты лица, складки одежды, тончайший орнамент какого-либо украшения и пр. Жидкотекучесть зависит от многих факторов: температуры плавления, температуры формы, вязкости, химического состава, диаграммы состояния и пр. Все эти величины можно рассчитать и использовать производственный опыт. Мы не будем сейчас останавливаться на подробностях литейного дела, отметим только, что хорошей жидкотекучестью обладают чугуны и силумины, бронзы, олово, а также магниевые и литиевые сплавы. Есть сплавы, которые обладают низкой жидкотекучестью (иногда их неправильно относят к густоплавким). К ним относятся: медь, чистое серебро, сталь, легированная рядом элементов, и др.

Остановимся еще на одном важном в литейном понятии, как усадка. Металлы в жидком состоянии занимают больший объем, чем закристаллизовавшийся, и поэтому, если металл переходит из жидкого в твердое состояние, то резко уменьшается. Отсюда, чтобы получить отливку близкую по конфигурации к готовому изделию, необходимо модель изделия изготавливать больше отливки на величину усадки. Величина усадки у каждого металла различна. Например, усадка олова при литье в песчаноглинистой смеси равна 0,2-0,3 %, серого чугуна 1,1-1,2 %, силумина столько же, фосфористая бронза дает усадку 1,3-1,4 %, алюминиевая бронза 1,4-1,5 %, томпак 2-2,1 %, нейзильбер 2-2,1 %, художественная бронза 1,5 %, сталь от углеродистой до легированной меняет свой объем и



усадку при переходе в твердое состояние от 0,8 до 2,5 % и т. д. Таким образом, зная величину усадки (она бывает еще свободная и затрудненная), можно определить на сколько больше следует изготовить форму, чтобы получить отливку с определенной точностью размеров.

**Ковкость** - это свойство металлов изменять и удерживать полученную форму не разрушаясь под действием приложения давления или ударов. Ковкость зависит от пластичности, степени нагрева, величины деформирующего усилия, наличия примесей и пр. Сплавы и металлы могут коваться как в холодном, так и в нагретом состоянии. В последнем случае из раскаленного железа изготавливаются изделия самой различной сложности.

**Свариваемость** - это способность сплавов соединяться в одно целое путем нагрева и расплавления двух или нескольких заготовок (изделий) без помощи припоя. При сваривании сталей следует помнить, что увеличение процента углерода в сталях ухудшает свариваемость. Сварка бывает встык, внахлест, аграно-дуговая, лазерная и др. Все эти виды в данном разделе не будут рассматриваться, поскольку раздел носит обзорный характер.

**Спекаемость** - это способность образовывать металлокерамику. Этим способом в настоящее время получают заготовки, которые в ряде случаев не уступают литым или кованым (метод порошковой металлургии). В изготовлении художественных изделий этот способ употребляется очень редко, поскольку измельчение в порошок, смешивание и запрессовка в специальные формы очень дороги, а последующий нагрев до высоких температур производится в специальной водородной (обезокислительной) атмосфере, что требует большой исполнительной и технической дисциплины. Этот процесс целесообразно рассматривать не при изготовлении самих художественных изделий, а при получении особо твердых сплавов - победита и др. при изготовлении режущего инструмента.

**Обрабатываемость резанием** - это способность металлов обрабатываться на металлообрабатывающих

станках, а также полироваться и шлифоваться. Хорошо обрабатываются резанием бронзы, латуни, некоторые марки сталей, алюминия и чугуна. Особенно плохо обрабатываются изделия из чистой меди, свинца и его сплавов.

## Химические свойства

Основными свойствами являются растворение и окисление, а также свойство металлов растворяться в щелочах, кислотах, царской водке. Различают поверхностное растворение слоя металла и полное растворение металла с переходом его в раствор. К первому случаю следует отнести травление в кислотах для получения чистой поверхности или узора (например, для последующего эмалирования, нанесения гальванических покрытий и пр.) и полного растворения (например, цинка в соляной кислоте при изготовлении флюса или пайки), растворения чистого серебра в азотной кислоте при приготовлении азотнокислого серебра.

*Окисление* — это способность металлов соединяться с кислородом и образовывать окислы металлов. Обычно поверхность металлов покрыта тонким слоем окислов (окисной пленкой). Скорость образования такой пленки на поверхности различных металлов неодинакова, например, магний и алюминий окисляются особенно быстро, а бронза и латунь значительно медленнее. Изделия из драгоценных металлов совсем не окисляются, особенно высокопробные сплавы. Окислению способствует нагрев, который ускоряет окисление во много раз. В этом случае на поверхности образуется окалина. Окисление бронзовой поверхности в присутствии атмосферных осадков на поверхности изделия дает патину, которая поверхность скульптуры или монумента делает черной и украшает его.

Окисная пленка не только украшает изделие (патина), но и предотвращает дальнейшее его разрушение. Так, пленка  $\text{Al}_2\text{O}_3$  на поверхности алюминиевого изделия сохраняет его от дальнейшего окисления.

Если же при нагреве железно-стальных изделий их долго выдерживать при повышенной температуре при постоянном доступе воздуха, то изделие может полностью перейти в окалину.

Окисление нежелательно при пайке и сварке алюминиевых изделий, так как пленка  $Al_2O_3$  препятствует соприкосновению припоя с чистой поверхностью металла. Нежелательно окисление при термообработке стальных изделий, где присутствие  $\leq 0,2\% O_2$  воздуха способствует образованию окалины.

## Коррозия художественных изделий

Различают химический и электрохимический типы коррозии.

**Химическая коррозия** определяется окислением, причем окислением даже в сухом воздухе. В этих условиях на поверхности металлоизделия появляется окисная пленка. При нагреве коррозия усиливается. Окалина на раскаленной поверхности металла - химическая коррозия.

**Электрохимическая коррозия** образуется из-за физико-химической неоднородности металлов в присутствии жидкости, которая проводит электричество.

Оба типа коррозии практически не разграничивают, так как в воздухе всегда имеются пары, которые легко конденсируются на поверхности изделия, и одна коррозия (химическая) переходит в другую (электрохимическую). Для того чтобы началась электрохимическая коррозия, необходимо наличие двух разнообразных металлов, контакт между ними, присутствие электролита.

В связи с тем, что в воде всегда растворены соли, кислоты или щелочи, то электролит подвергается диссоциации, т. е. идет распад на ионы, несущие положительные и отрицательные заряды. Установлено, что все металлы обладают химической активностью, которая характеризуется электродным потенциалом, измеренным относительно водорода (потенциал  $H_2 = 0$ ).

Приводим электрический ряд напряжений металлов, наиболее часто употребляемых в художественной промышленности: K, Na, Mg, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Sn, Pb, Sb, Ag, Hg, Au.

Каждые два металла дают гальваническую пару, при этом сила у них тем больше, чем дальше в ряду электрохимических напряжений они стоят друг от друга. Это происходит потому, что ЭДС = разности потенциалов обоих металлов. Например, если взять Cu и Fe, у которых потенциалы равны 0,34 и 0,44 соответственно, то их разность  $[0,34 - (-0,44)]$  будет равна 0,78, а пары железо и цинк  $(-0,76)$  будут равны соответственно  $[0,32 - (-0,44 - (-0,76))]$ . Следовательно, коррозия между Cu и Fe будет протекать интенсивнее, чем между Cu и Zn примерно в 2 раза. Причем, в первом случае разрушится железо, а во втором - цинк.

Тот металл, который в паре имеет меньший электронный потенциал, называется анодом (он и подвергается коррозии), а обладающий большим потенциалом - катодом, т. е. в первом случае Fe - анод, а во втором случае Zn - анод. Кроме разности потенциалов интенсивность коррозии увеличивается от повышения температуры и концентрации электролита. Коррозия замедляется благодаря поляризации электролитов (скопление ионов анодного потенциала вблизи анода). Скопление ионов анодного потенциала затрудняет доступ электролита к аноду и ослабляет его растворение. Это уменьшает его ЭДС и замедляет коррозию. Существует равномерная местная интеркристаллическая и растрескивающая коррозия.

Равномерная коррозия возникает в случае, когда потенциалы зерен металла разнятся между собой или они одинаковы. Этот вид коррозии происходит на поверхности образца, т. е. разрушает поверхность металла, и коррозия не происходит внутри образца. Примером может послужить образование  $Al_2O_3$  на алюминиевом образце.

Местная коррозия наблюдается в случае разных по-

тенциалов у зерен. В случае местной коррозии поверхность изделия (если на него попадает вода) становится как бы моноэлектродным элементом, в котором ряд зерен служит анодами, а ряд других катодами. Примером может служить латунь. В ней пара зерен может образовывать гальванопару и сплав может быть подвергнут коррозии, т. е. разрушению и растворению. Процесс идет внутрь образца, поскольку появляются новые пустоты. Эта коррозия опасна.

Интеркристаллическая коррозия - наиболее опасный вид коррозии. Она образуется, когда зерна образца имеют неодинаковый потенциал. Например, грани зерен имеют меньший потенциал, чем внутри зерна. Подразумевается периферийная часть образца. Этот вид коррозии встречается в хромоникелевых сталях при нарушении их изготовления и при неправильной термической обработке.

Растрескивающаяся коррозия возникает в деформированных металлах в результате образования гальванопары нагартованными или ненагартованными участками. Они становятся анодами и разрушаются. Кроме того, в образцах, подвергнутых деформации, возникают напряжения, которые, действуя вместе с коррозией, создают трещины и разрывы. Например, при клепаных соединениях, заклепки всегда деформированы. Они и служат анодами, создавая электрохимическую коррозию. В результате их действия на соединяемые узлы происходит разрушение.

Для защиты художественных изделий от коррозии (архитектурных сооружений, памятников, изделий, подвергаемых реставрации, и пр.) применяют: рациональное конструирование; устранение возможности коррозии при производстве, транспортировке и хранении; технологические методы защиты.

Первая защита сводится к подбору металла с близкими потенциалами; к применению прокладок между деталями из металлов с различными электродными потенциалами; к конструированию таких форм, в которых не задерживается влага.

Вторая защита сводится к соблюдению технологии литья в момент очистки изделия от формовочной смеси, сушки и очистки отливок.

В механических цехах - в правильном подборе охлаждающих эмульсий или смазок. В сварочных участках - в очистке изделий от флюсов (после сварки), поскольку последние имеют кислую реакцию и разъедают металлы. В принципе любое паяное или сварное соединение - это гальванопара и поэтому наличие следов флюса здесь неизбежно.

Лучше всего противостоят коррозии шлифованные или полированные поверхности, поэтому нужно тщательно следить, чтобы не было царапин, трещин и других дефектов.

При транспортировке и хранении художественные изделия следует смазывать защитными составами - смазками, имеющими нейтральную реакцию, и транспортировку изделий следует производить в водонепроницаемой таре.

*Технологические методы защиты сводятся к:*

тщательной художественной отделке, например, изготавливать материалы из не просто углеродистых сталей, а из хромоникелевых;

- легированию;
  - оксидированию - искусственному образованию (химический прием) стойких пленок, защищающих изделия от коррозии;
  - нанесению металлических покрытий - хромированию, никелированию, золочению и пр.;
  - нанесению на изделия неметаллических покрытий.
- Эти покрытия изолируют металлические изделия от внешней среды и тем самым препятствуют возникновению и развитию коррозии.

## СОДЕРЖАНИЕ

Часть 1. Как самостоятельно собрать литейное оборудование. . . . .	3
Самодельная электрическая плавильная печь. . . . .	3
Самодельные муфельные печи. . . . .	5
Самодельные вулканизаторы. . . . .	7
Самодельная центробежная литейная установка. . . . .	8
Самодельная вакуумная литейная установка. . . . .	10
Самодельная бензиновая горелка. . . . .	10
Самодельные хромель-алюмелевая и платино-платинородиевая термопары. . . . .	11
Часть 2. Свойства металлов. . . . .	16
Строение металлов. . . . .	16
Физические свойства. . . . .	18
Механические свойства. . . . .	20
Технологические свойства. . . . .	23
Химические свойства. . . . .	26
Коррозия художественных изделий. . . . .	27

Справочник

*Серия «В помощь домашнему мастеру»*

**САМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ  
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Печи. Вулканизаторы. Литейные установки  
Бензиновая горелка. Термопары**

Оформление обложки *А. Л. Чирикова*

Редактор *В. И. Рыженко*

Технический редактор *В. А. Рыженко*

Корректор *Т. И. Генералова*

Компьютерная верстка *С. М. Крупина*

Общероссийский классификатор продукции  
ОК-005-93, том 2; 953 000 — книги, брошюры

Подписано в печать 31.01.2006.

Формат 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Печать высокая. Усл. печ. л. 1,68.

Тираж 7000 экз. Заказ № 3145.

ООО «Издательство Ониск»

127422, Москва, ул. Тимирязевская, д. 38/25

Отдел реализации: тел. (495) 119-02-20, 310-75-25

Internet: [www.onyx.ru](http://www.onyx.ru); e-mail: [mail@onyx.ru](mailto:mail@onyx.ru)

ООО «Центр общечеловеческих ценностей»

117418, Москва, ул. Новочеремушкинская, д. 54, корп. 4

Отпечатано с готовых диапозитивов

в ОАО «Рыбинский Дом печати»

152901, г. Рыбинск, ул. Чкалова, 8.