УДК 621.74.669, 621.74.04

ОПТИМАЛЬНАЯ ЛИТНИКОВАЯ СИСТЕМА И СПОСОБ ЛИТЬЯ ПРИ ЗАЛИВКЕ УЗОРОВ В ЮВЕЛИРНОМ ЛИТЬЕ

Лазарев Алексей Владимирович

Студент 6 курса
кафедра «Литейные технологии»
Московский Государственный Технический Университет им. Н.Э.Баумана (МГТУ им. Н.Э.Баумана)

Научный руководитель: Мандрик А.А.,
доцент кафедры «Литейные технологии»

Введение

Одной из проблем в ювелирном литейном производстве является изготовление качественных ажурных узоров. Для достижения требуемого результата используют различные методы и способы литья, проводят множество экспериментов.

Постановка задачи

На ювелирной фирме по производству обручальных и свадебных колец, была поставлена задача - выявить причины, по которым возникает брак популярного ажурного узора (Рис.1) при литье. Это позволит уменьшить время изготовления колец, снизить их себестоимость.

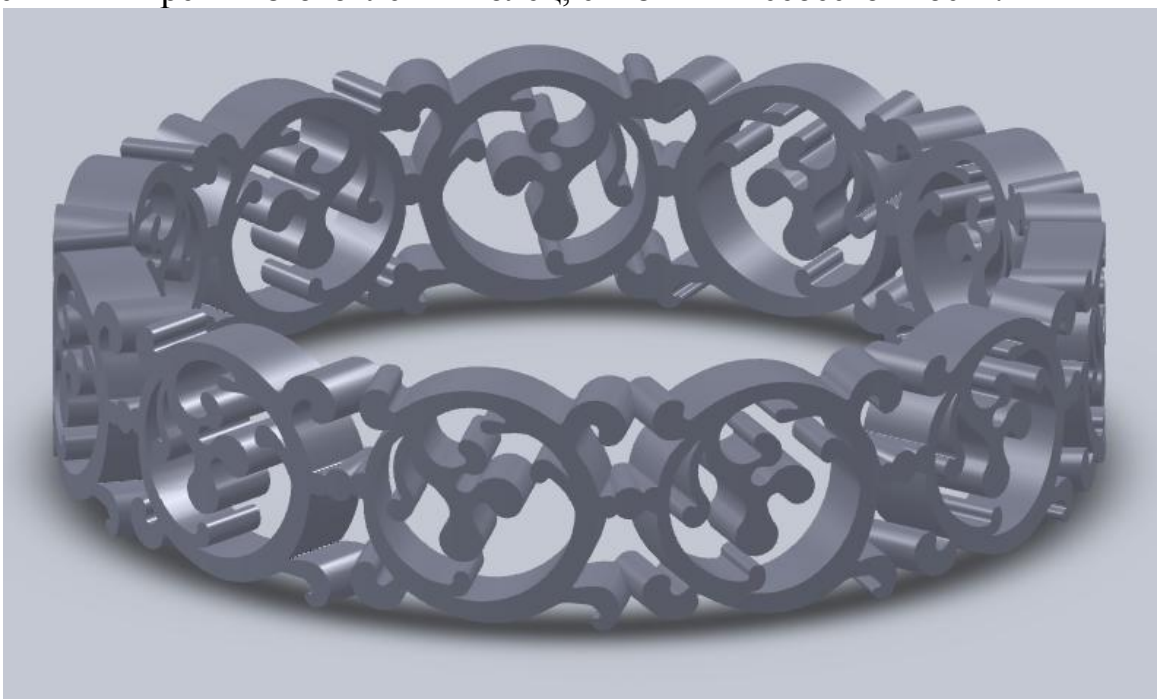


Рис.1. 3d-модель «Ажурного узора»

Метод решения

Для решения этой проблемы были рассмотрены все этапы технологического процесса изготовления ювелирного изделия (Рис.2.).

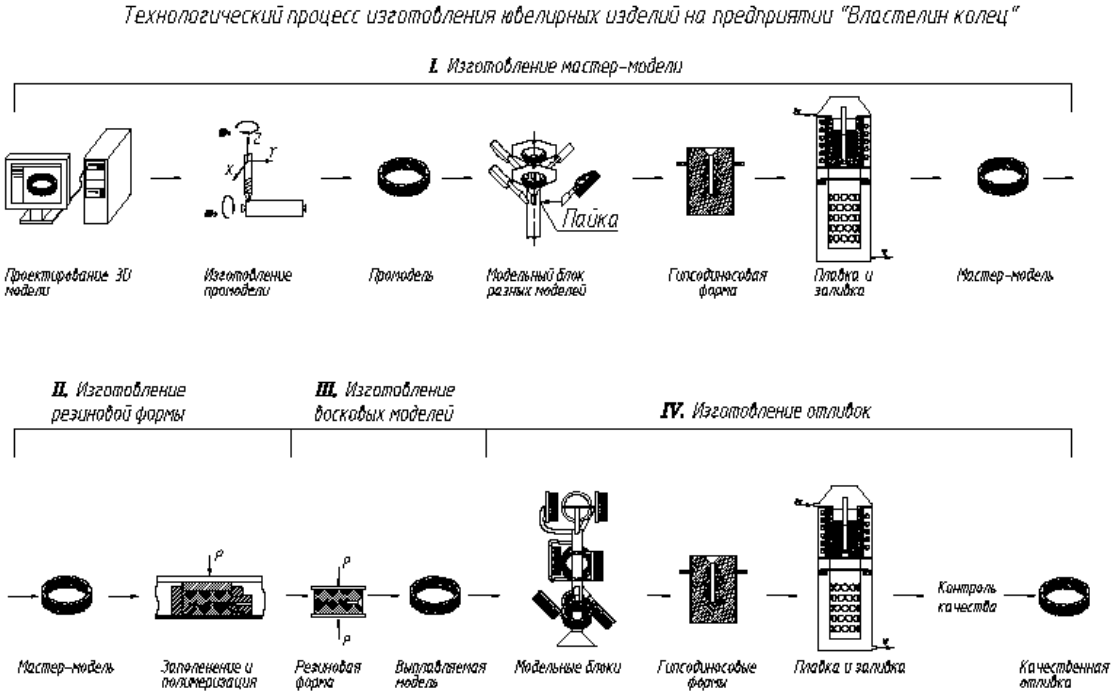


Рис.2. Технологический процесс изготовления ювелирного изделия

Наибольшее влияние оказывают литниково-питающая система (ЛПС) и способ литья на брак отливки «Ажурный узор».

Были составлены возможные ЛПС (Рис.3.) на основе рекомендаций из книг [3],[4] и возможных вариантов их размещения, а так же опыта литейщика предприятия.

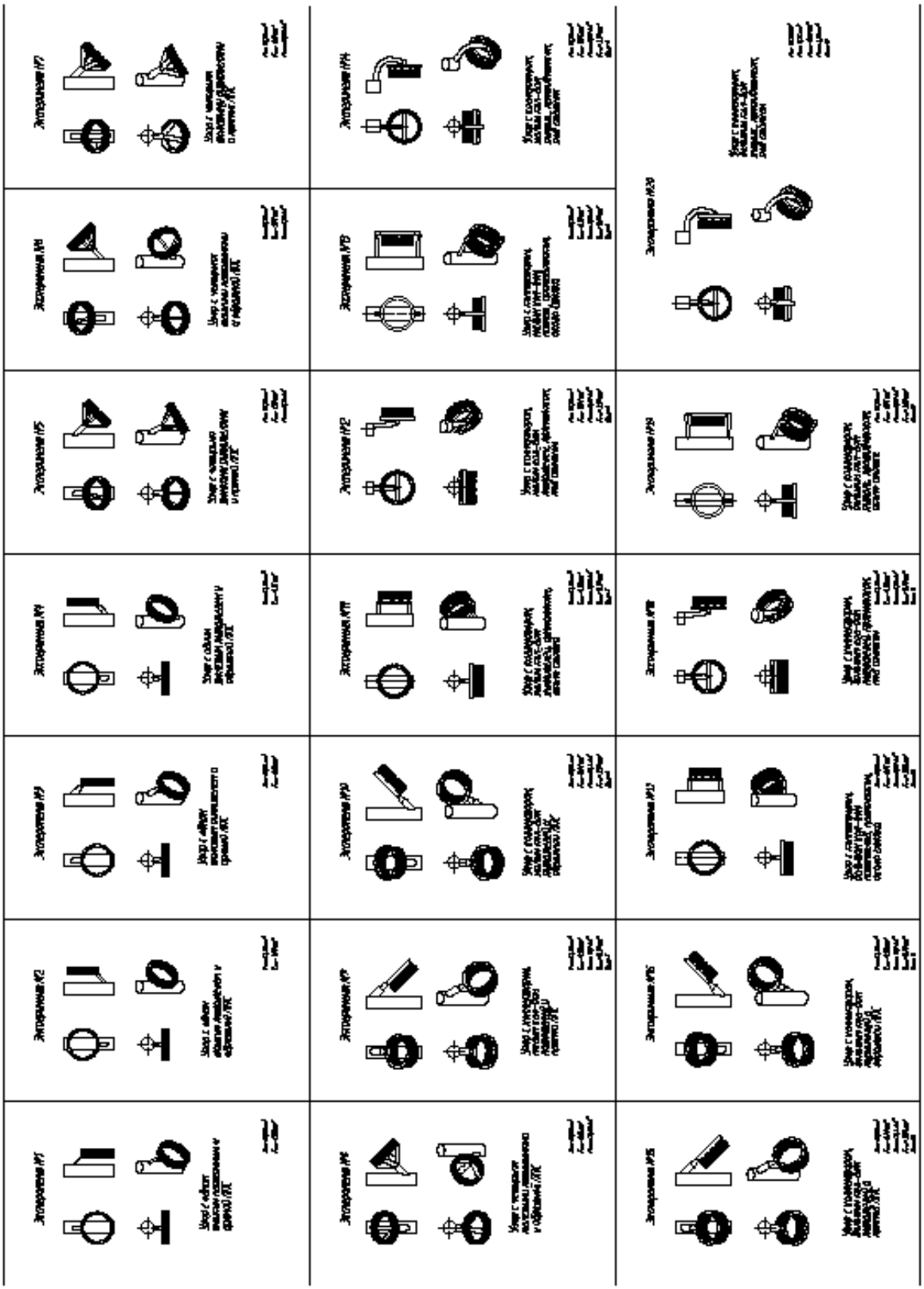


Рис.3. Варианты ЛПС

Так же были проанализированы возможности предприятия и выделены четыре способа заливки. Для того чтобы определить наиболее эффективный способ литья, эксперименты проводились на трех литейных машинах, обеспечивающих четыре вида литья:

1. Гравитационное литье без ваккумирования формы в атмосферной среде.

Заливку данным методом производил на установке KayaCast (Рис.4.).

Установка предназначена для формовки опок и литья. Для формовки в установке предусмотрен вакуумируемый колпак, располагаемый на вибростоле. Литье осуществляется в специальной камере.

Рис.4. Установка KayaCast

2. Гравитационное литье с ваккумирования формы в атмосферной среде.

Заливку данным методом производил на вакуумной литейной установке КЛИО-ЛМ-И-1.0 (Рис.5.).

Рис.5. Вакуумная литейная установка КЛИО-ЛМ-И-1.0

Время цикла плавки: 8-10 минут;

Инертный газ: технический азот или аргон при давлении 0,7 атм (10 psi) – 5 л в минуту;

Вакуумный насос: 20м3/ч;

Расход воды для охлаждения генератора КЛИО ЛМ И 1.0 ~ 2л/мин.

В установках используются проверенные и надежные принципы литья в закрытой системе. Бескислородная атмосфера в период плавки и заливки металла обеспечивается подачей инертного газа над расплавом.

Температура расплава металла измеряется в центральной части с помощью термопары, помещенной в шток, что дает точную информацию о температуре расплава. Тигель предусматривает заливку металла через отверстие в дне тигля, т.е. падение температуры от тигля до опоки - минимально. Это позволяет производить заливку при оптимальных температурах, не перегревая металл. Опока при заливке металла вакуумируется.

Для обеспечения данного метода инертный газ не подавался.

3. Гравитационное литье с ваккумирования формы в среде защитных газов.

Заливку этим методом производил на той же вакуумной литейной установке КЛИО-ЛМ-И-1.0, но при этом инертный газ подавался.

4. Центробежная заливка без ваккумирования в атмосферной среде.

Заливку данным методом производил на центробежной установке PRO CRAFT (рис.6.).

Рис.6. Центробежная установка PRO CRAFT

Литье происходит под воздействием центробежных сил – в основание устройства вмонтирована мощная пружина, под воздействием которой происходит вращение рычага с установленным на ней противовесом с одной стороны и тиглем с опокой – с другой.

Установкам KayaCast и PRO CRAFT для плавления металла дополнительно необходима плавильная электропечь ЮФ-520АС (Рис.7.), предназначенная для управляемого нагрева и выплавки металла. Металл нагревался до температуры 985 °С и выливался в тигель центробежной установки или форму установки KayaCast.

Рис.7. Плавильная электропечь ЮФ-520АС

Для литья изделий из золотых и серебренных сплавов с температурой заливки 900 - 1100°С широкое распространение получили смеси с гипсом в качестве связующего. В данном случае выбираем формовочную массу Satin Cast 20, которая специально разработана для литья драгоценных сплавов на основе золота, серебра.

Формовка происходит с учетом рекомендаций по соотношениям воды и сухой формовочной массы, при этом происходит вакуумирование формовочной камеры и вибрация стола, на котором стоит опока.

Далее приступают к выплавлению модельного состава из формы. Выдерживают форму при температуре 80°С в течение 1 часа литниковой чашей вниз. Расплавленная модельная масса частично впитывается в поры гипсо– диносовой смеси (до 60-70% общего количества модельной массы), частично стекает в поддон под опокой. Далее опоки продолжают прокаливать в той же печи, предварительно удалив поддон для сбора модельной массы.

В процессе прокаливания в печи необходимо поддерживать окислительную атмосферу, чтобы продукты деструкции модельного состава полностью газифицировались, и, в том числе, произошло полное окисление образующегося пироуглерода во внутренних частях формы. Иначе рабочая поверхность формы окажется шероховатой, а качество отливок невысоким. Это связано с тем, что пироуглерод может смываться потоком расплава и замешиваться в металл, повышая количество неметаллических включений.

Пока прокаливается форма, необходимо приступить к плавке металла, стремясь к одновременному окончанию прокаливания и плавления.

Заливку формы проводили сплавом серебра 925 пробы. Серебро 925 пробы содержит не менее 92,5% серебра, остальное – медь, имеет

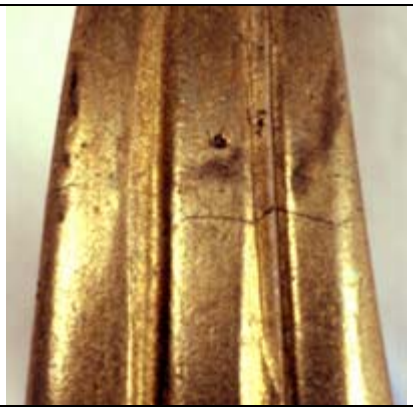
благородный серебристо - белый цвет и высокие антикоррозийные свойства. Серебро данной пробы хорошо плавится и принимает различные формы, в последствие ювелирное изделие сохраняет твердость и мало подвержено атмосферным явлениям. Для всех способов заливки температуры опок были 580 °С. По рекомендациям из [3] температура металла для 2 и 3 способа была 985 °С, а для 1 и 4 - 1005 °С.

После заливки форму охлаждают на воздухе 10-15 минут, а затем вымывают в баке с водой. Гипс, постепенно растворяясь, освобождает стояк с отливками. Далее отливки отделяют от стояка и очищают от гипсо–динасовой смеси. Затем стояк с отливками сушат и отбеливают. Далее производилась оценка результатов по видам дефектов представленных в Таблице 1.

При Пороке I менее 90% оценка остальных Пороков не актуальна.

Таблица 1. Виды дефектов

Недолив	**Усадочная пористость**
Порок I	Порок II
Недолив - это когда модели не полностью заполняются металлом во время процесса заливки. Условия оценки: При Пороке I менее 90% оценка остальных Пороков не актуальна.	Усадочная пористость обычно проявляется в виде маленьких дырочек на поверхности отливок. При близком рассмотрении дырочки видны не как круглые, а как неровные угловатые, обычно с поверхностью дендритовой структуры. Усадочная пористость - это самый распространенный тип пористости. Усадка возникает из-за неравномерного затвердевания участков отливки.
Критерий: процент заполненной формы «Ажурного узора»	Критерий: балл

Газовая пористость	**Включения**
Порок III	Порок IV
	
Газовая пористость проявляется в виде мельчайших дырочек на поверхности литья. В противоположность усадочной пористости, эти дырочки в основном круглые и сглаженные. К тому же дырочки концентрируются в слое, расположенному сразу под поверхностью литья, т.е. они не видимы в отливках, но проявляются после полировки. Существует две основные причины для этого сорта дефекта: взаимодействие с формовочной массой и загрязнения, которые присутствуют в рециклируемом металле.	Включения могут разделяться на два типа: а.) Посторонние частицы попавшие извне, как например частички формовочной массы. б.) Включения, образованные за счет реакции между элементами сплава - такими как, например оксиды и сульфиды меди и серебра.
Критерий: балл	Критерий: балл

На основе полученных данных были составлены таблицы с результатами экспериментов. Таблица 2,3,4,5.

Таблица 2

1. Гравитационная заливка без вакуума				
№ эксперимента	Пороки			
	I	II	III	IV
1.1	17	–	–	–
1.2	10	–	–	–
1.3	15	–	–	–
1.4	2	–	–	–
1.5	10	–	–	–
1.6	1	–	–	–
1.7	20	–	–	–
1.8	1	–	–	–
1.9	5	–	–	–
1.10	0	–	–	–
1.11	2	–	–	–
1.12	2	–	–	–
1.13	0	–	–	–
1.14	15	–	–	–
1.15	25	–	–	–
1.16	0	–	–	–
1.17	5	–	–	–
1.18	20	–	–	–
1.19	0	–	–	–
1.20	15	–	–	–

Таблица 3

2. Гравитационная заливка с вакуумом				
№ эксперимента	Пороки			
	I	II	III	IV
2.1	80	–	–	–
2.2	49	–	–	–
2.3	75	–	–	–
2.4	50	–	–	–
2.5	100	1	2	1
2.6	92	2	3	1
2.7	98	2	3	2
2.8	97	1	3	1
2.9	98	1	2	1
2.10	96	1	2	2
2.11	100	1	2	1
2.12	100	1	3	1
2.13	70	1	1	1
2.14	100	1	3	2
2.15	100	1	2	1
2.16	98	1	2	1
2.17	100	1	2	1
2.18	100	1	2	2
2.19	96	1	2	1
2.20	100	1	2	1

Таблица 4

3. Гравитационная заливка с вакуумом в среде инертного газа				
№ эксперимента	Пороки			
	I	II	III	IV
3.1	50	–	–	–
3.2	40	–	–	–
3.3	52	–	–	–
3.4	35	–	–	–
3.5	97	1	1	2
3.6	90	2	2	1
3.7	98	1	1	2
3.8	90	1	3	1
3.9	95	1	1	1
3.10	98	1	1	2
3.11	100	1	1	1
3.12	99	1	1	1
3.13	80	1	1	1
3.14	100	1	2	1
3.15	100	1	1	1
3.16	99	1	1	1
3.17	100	1	1	2
3.18	100	1	1	1
3.19	99	1	1	1
3.20	100	1	1	2

Таблица 5

4. Центробежная заливка без вакуума				
№ эксперимента	Пороки			
	I	II	III	IV
4.1	35	–	–	–
4.2	50	–	–	–
4.3	48	–	–	–
4.4	30	–	–	–
4.5	100	1	1	2
4.6	91	1	2	1
4.7	100	1	3	1
4.8	90	2	3	1
4.9	92	1	2	1
4.10	20	–	–	–
4.11	96	1	2	1
4.12	97	1	3	2
4.13	90	1	2	1
4.14	96	1	2	2
4.15	99	1	2	1
4.16	27	–	–	–
4.17	98	1	3	1
4.18	100	1	2	1
4.19	93	1	3	1
4.20	100	1	3	2

Выводы из полученных результатов

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. ЛПС №15 является самыми оптимальными для данного типа отливок.
2. ЛПС №17 является оптимальной, но с использованием данной ЛПС количество моделей расположенных на стояке будет меньше чем при ЛПС №15.
3. ЛПС №12,14,18,20 являются менее оптимальными из-за трудоемкости их изготовления и того что они могут быть расположены только под стояком. Этим ограничивается их применение.
4. Способ литья, дающий наиболее качественный результат – это гравитационное литье с ваккумирования формы в среде защитных газов.

Контрольная заливка

Для проверки правильности выводов была проведена контрольная заливка ЛПС №15, с использованием гравитационного литья с ваккумированием формы в среде защитных газов (Рис.8).

Рис. 8. Контрольная заливка

Литература

1. Основы теории формирования отливки: Учеб. Пособие в 2 ч. Баландин Г. Ф. Ч 1-2. М.: Машиностроение, 1976-1979.-328 с.: 335 с.
2. Литьё по выплавляемым моделям. под общ. ред. Я.И. Шкленника , В.А. Озерова. – 3-изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение,1984.
3. Теория и практика ювелирного дела. Э.Бриполь.
4. Ювелирное литье. И.А. Халилов, М.И. Халилов.
5. Справочник литейщика. Н.Д. Орлов, В.М. Чурсин.
6. Цветное литьё. Справочник. Галдин Н.М., Чернега Д.Ф., Иванчук Д.Ф. и др – М. Машиностроение.- 1989. –528 с.
7. Справочник по дефектам литья и иным порокам ювелирных изделий из золота. Дитер Отт, Пер. с англ. – Омск: Издательский Дом «Дедал-Пресс», 2004. – 92с., с ил.
8. Рекламные проспекты фирм. INDUTHERM, TOPCAST, DORAMATIC, YASUI, DENTAURUM, КЛИО, FORNAX, Рундист.
9. Internet.