

Министерство образования и науки
Донбасская государственная машиностроительная академия
(ДГМА)

ЛИТЕЙНАЯ ГИДРАВЛИКА

**Методические указания
к лабораторным работам**

**для студентов направления подготовки 6.050402 «Литейное
производство» дневной формы обучения**

Краматорск
ДГМА
2014

Министерство образования и науки Украины
Донбасская государственная машиностроительная академия (ДГМА)

ЛИТЕЙНАЯ ГИДРАВЛИКА

Методические указания к лабораторным работам

**для студентов направления подготовки 6.050402 «Литейное
производство» дневной формы обучения**

Утверждено
на заседании
методического совета
Протокол № от

Краматорск
ДГМА
2014

Литейная гидравлика : методические указания к лабораторным работам для студентов направления подготовки 6.050402 «Литейное производство» дневной формы обучения / сост. А. Р. Абдулов. – Краматорск : ДГМА, 2014. – 34 с.

Методические указания предназначены для подготовки лабораторных работ по дисциплине «Литейная гидравлика». Содержат общие сведения, порядок выполнения работ и требования к оформлению отчетов по лабораторным работам для студентов направления подготовки 6.05040201 «Литейное производство» дневной формы обучения. Для проверки знаний по изученному материалу приведены контрольные вопросы после каждой лабораторной работы.

Составитель

А. Р. Абдулов, ст. преп.;

Отв. за выпуск

М. А. Турчанин, проф.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
Лабораторная работа 1. Составление реологических моделей и их уравнений	
Лабораторная работа № 2. Расчет диаметра отверстия стопорного стаканчика	
Лабораторная работа 3. Расчет напора для разных типов литниковых систем	
Лабораторная работа 4. Кинетика фильтрации металла сетчатыми фильтрами	
Лабораторная работа 5. Кинетика фильтрации металла зернистыми фильтрами	
Лабораторная работа 6. Динамическое давление и сила гидравлического удара при завершении заливки	
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	

ВВЕДЕНИЕ

Литейное производство – единственная технология получения заготовок для деталей, при которой материал находится в жидком исходном состоянии. Это обуславливает главные преимущества литейной технологии – максимальное соответствие литой заготовке (детали). Коэффициент использования металла в литой заготовке самый высокий. Поэтому литейное производство – основная технология в заготовительном производстве современного машиностроения.

Однако получение изделий из жидкого расплава сопряжено со сложнейшими процессами, которые обуславливают появление в отливках различного рода дефектов.

Для получения качественных заготовок литейщик должен уметь на научной основе управлять формированием отливок. Оптимальное управление технологией получения отливок основывается на глубоком знании разнообразных процессов, исследование сущности которых составляет предмет прикладной научной дисциплины – литейной гидравлики.

Проанализировав явления и процессы, сопровождающие движение металла при заливке литейной формы, следует отметить следующие особенности литейной гидравлики:

- в процессе движения в форме гомогенный расплав становится гетерогенным вследствие обогащения неметаллическими частицами, пузырьками газов, кристаллами твердой фазы;

- при заливке в разовые формы стенкам каналов, по которым движется металл, присущи как газопроницаемость, так и газообразующая способность, а также возможно вакуумирование формы;

- в тепловом отношении процесс не является стационарным, так как сопровождается изменением температуры как металла, так и формы ;

- кроме вышеупомянутых физических явлений, при заливке формы могут происходить процессы химического взаимодействия компонентов сплава и их оксидов с компонентами формовочной смеси и газами.

Таким образом, движение металла в форме является сложным процессом, который зависит от гидравлических, тепловых, физических и физико-химических факторов. Цель дисциплины – изучить влияние этих факторов и научиться управлять их действием для достижения формирования качественных отливок.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1

СОСТАВЛЕНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ИХ УРАВНЕНИЙ

Цель работы: ознакомиться с основными представлениями реологии; изучить простейшие реологические тела; научиться составлять уравнения различных реологических тел.

1.1 Общие сведения

Процесс формирования отливки сопровождается превращениями металла, происходящими по мере его охлаждения. Вначале металл представляет вязкую жидкость, при кристаллизации он превращается в гетерогенную среду, ниже температуры кристаллизации образуется твердое хрупкое тело, которое по мере дальнейшего охлаждения приобретает пластичность и упругость.

Для осуществления математического анализа поведения веществ созданы представления об идеальных телах:

- идеальная несжимаемая паскалевская жидкость со сдвиговой вязкостью, равной нулю;
- вязкая ньютоновская жидкость;
- абсолютно твердое, эвклидово тело, недеформирующееся при любых нагрузках;
- твердое упругое тело.

Представления о паскалевской и ньютоновской жидкостях используются в гидродинамике, твердом эвклидовом теле – в общей механике, упругом твердом теле – в теории упругости.

Согласно закону внутреннего трения Ньютона в гомогенной жидкости напряжения пропорциональны скоростям деформации. В твердом теле, по закону Гука напряжения пропорциональны самим деформациям. За пределами упругого состояния в идеальном упруго-пластическом теле при постоянном напряжении возникают пластические остаточные деформации.

В действительности поведение тел зависит не только от их свойств, скорости деформации или самой деформации и величины напряжения, но еще от скорости приложения нагрузки (скорости возникновения напряжений) и продолжительности ее действия. Представления о классических телах недостаточны еще и потому, что вязкость и упругость присущи в той или иной степени всем физическим телам. Поэтому в тех случаях, когда фактор времени оказывает существенное влияние на поведение, тела и в нем проявляются упруго-вязкие свойства, идеальные представления, применяемые в классических науках, гидродинамике и теории упругости, оказываются непригодными. Примерами таких случаев могут служить: релак-

сация напряжений, крип бетона и металлов, хрупкое разрушение вязких, пластичных и упругих тел (жидкости, асфальты, металлы) при больших скоростях возникновения напряжений, течения паст и суспензий, которые при малых нагрузках ведут себя как упругие твердые тела, а при больших – как жидкости.

Приведенные примеры показывают важность временной стороны реальных процессов. С другой стороны, можно считать, что реальные свойства веществ располагаются между свойствами, присущими идеальной жидкости и абсолютно твердому телу. Поскольку паскалевская жидкость и эвклидово тело являются частными случаями соответственно ньютоновской жидкости и гукова тела, можно полагать, что вязкость и упругость представляют собой пределы свойств физических тел, между которыми находятся реальные свойства.

Процессы изменения напряжений и деформаций во времени с учетом вязких и упругих свойств рассматриваются реологией, являющейся общей наукой о течении и деформации веществ.

Единое реологическое уравнение для широкой группы тел на основе общего физического закона деформирования их во времени до сих пор отсутствует. Это затрудняет рассмотрение с единой точки зрения процессов деформации металла на всех его стадиях от жидкого состояния до твердого.

В реологии аналогичное затруднение преодолевается созданием различных моделей тел. Реологические тела – промежуточные между твердыми и жидкими. Они, кроме того, идеальны в том смысле, что не существуют в природе. Отличие всякого реального тела от реологического заключается еще в том, что оно может деформироваться по различным законам в зависимости от условий. Следовательно, реологические тела соответствуют не реальным телам, а их состояниям и описывают реологические явления.

Реологические тела создают посредством так называемых структурных моделей. Схематизируя реальные свойства, полагают, что тело состоит из частиц или субстанций, из которых одни обладают вязкостью, а другие – упругостью и, следовательно, первые подчиняются закону Ньютона, а вторые – Гука. Свойства материала, зависящие от взаимодействия этих частиц, определяются его структурой, которую представляют упрощенными схемами. Хотя такие схемы служат только грубым приближением, однако считают, что они отражают действительность лучше, чем законы упругости или внутреннего трения, взятые в отдельности. Для характеристики реологических тел применяют графики, выражающие зависимость деформации от нагрузки, в частности графики зависимости градиента скорости течения от напряжения сдвига. Такие кривые носят название реологических кривых консистенции. В зависимости от свойств тел между напряжениями и скоростями деформаций имеются линейные и нелинейные связи.

Каждый идеальный материал представлен соответствующим простым идеальным телом, которое имеет свое определенное текстовое и графическое обозначение, механическую модель и реологическую формулу.

Рассмотрим пример описания упругого тела Гука. Механическая модель упругого тела Гука – пружина (рис. 1.1).

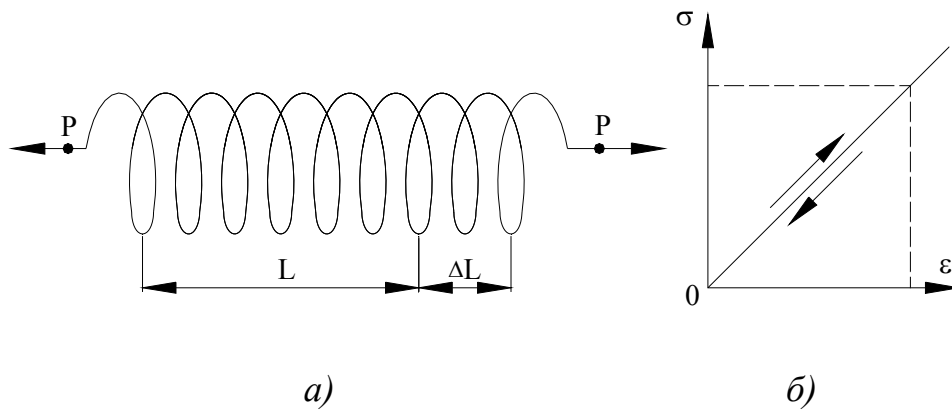


Рисунок 1.1 – Механическая модель (а) и графическое обозначение (б) упругого тела Гука

При приложении к пружине нагрузки P ее длина L увеличивается на величину ΔL и в ней образуются напряжения σ , величина которых пропорциональна относительной деформации $\varepsilon = \Delta L/L$, то есть

$$\sigma = \varepsilon E, \quad (1.1)$$

где E – модуль упругости при растяжении, МПа.

При снятии нагрузки деформация и напряжение полностью исчезают. При деформации смещения образуются напряжения смещения τ

$$\tau = \gamma G, \quad (1.2)$$

где γ – относительная деформация при смещении;

G – модуль упругости при смещении, МПа.

Уравнения (1.1) и (1.2) – реологические уравнения идеального упругого тела Гука, которое сокращенно обозначают как Н-тело. Графическое обозначение идеального упругого тела Гука представлено на рис. 1.2.

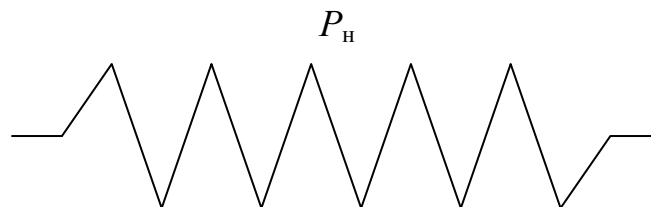


Рисунок 1.2 – Графическое обозначение идеального упругого тела Гука

1.2 Порядок выполнения работы

Каждому студенту для выполнения работы выдается определенный тип реологического тела из табл. 1.1 в соответствии с вариантом задания.

Таблица 1.1 – Варианты задания

№ варианта	Тип реологического тела
1	Идеальное упругое тело Гука
2	Идеальная вязкая жидкость Ньютона
3	Пластическое тело Сен-Венана
4	Тело Кельвина
5	Тело Максвелла
6	Тело Бингама
7	Тело Шведова
8	Идеальное упругое тело Гука
9	Идеальная вязкая жидкость Ньютона
10	Пластическое тело Сен-Венана
11	Тело Кельвина
12	Тело Максвелла
13	Тело Бингама
14	Тело Шведова
15	Тело Максвелла
16	Тело Бингама
17	Тело Шведова

С использованием справочных данных и литературы производится анализ кривых консистенции реологического тела. При описании поведения сложных реологических тел необходимо учитывать, что при последовательном соединении элементов напряжения (σ или τ) одинаковые, а совместная деформация γ_{Σ} равна сумме составляющих деформаций. При параллельном соединении деформации элементов одинаковые, а сумма напряжений соответствует приложенному усилию.

1.3 Содержание отчета

В отчете должны быть указаны название и цель работы, приведены общие и краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. После описания реологических тел согласно вариантам задания необходи-

мо представить графическое и текстовое обозначение, механическую модель и реологическую формулу. Сделать вывод об особенностях создания уравнений для реологических тел и связать их поведение с поведением реальных тел: жидкого металла, металла при затвердевании и т.д.

1.4 Контрольные вопросы

1. Представления об идеальных телах.
2. Понятие о реологии.
3. Описание реологических тел.
4. Принципы создания графических и текстовых обозначений, механических моделей и реологических формул для различных тел.
5. Связь реологических моделей со свойствами реальных объектов.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2 РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ОТВЕРСТИЯ СТОПОРНОГО СТАКАНЧИКА

Цель работы: ознакомиться с основными способами заливки литейных форм; научиться рассчитывать и выбирать диаметр стопорного стаканчика для получения компактной струи жидкого металла.

2.1 Общие сведения

Металл, выплавленный в печи, обычно сначала выпускают в ковш, из которого в заливочном пролете цеха его заливают в формы. В отдельных случаях формы заливаются непосредственно из печи.

Свободная заливка небольших порций металла (обычно до 1 т) – чугуна или цветных сплавов – производится из поворотных ковшей через носик. Большие количества металла, в особенности стали, заливаются из ковшей со стопорным устройством. Свободная заливка из поворотных и стопорных ковшей является способом, преобладающим в литейном производстве. При заливке деталей, имеющих специфическую конфигурацию или малую толщину стенок, для облегчения заливки, а также с целью механизации и автоматизации применяют принудительную заливку: центробежное литье, литье под давлением и т.д.

При литье небольших порций тугоплавких металлов применяется свободная заливка без ковша. В этом случае печь и форма помещаются в

кожух, в котором создается вакуум. Когда металл расплавляется, кожух поворачивается и металл прямо из печи через носик или желоб переливается в форму.

Заполнение литейной формы жидким металлом сопровождается тепловыми и физико-химическими процессами, протекающими как в самом жидком металле, так и на его границе с окружающей средой и формой. Степень влияния этих процессов на гидраулику литниковых систем зависит от физико-химических свойств заливаемого сплава и материала литейной формы. Чем несовершеннее литниковая система в гидравлическом отношении, тем разнообразнее возникающие в отливке дефекты металлургического происхождения, а также дефекты, которые являются результатом термического, физико-химического и механического взаимодействия металла с окружающей средой и формой. Поэтому при рассмотрении процесса заполнения литейной формы и проектирования литниковой системы к чисто-гидравлическим вопросам добавляются вопросы, относящиеся к проблеме получения качественной отливки.

Для заливки стали в форму используют стопорные ковши. Стопорный ковш (рис. 2.1) состоит из кожуха 1 с огнеупорной футеровкой 2, в донной части вмонтирован керамический стопорный стаканчик 3, отверстие которого перекрывается пробкой 4 стопора 5.

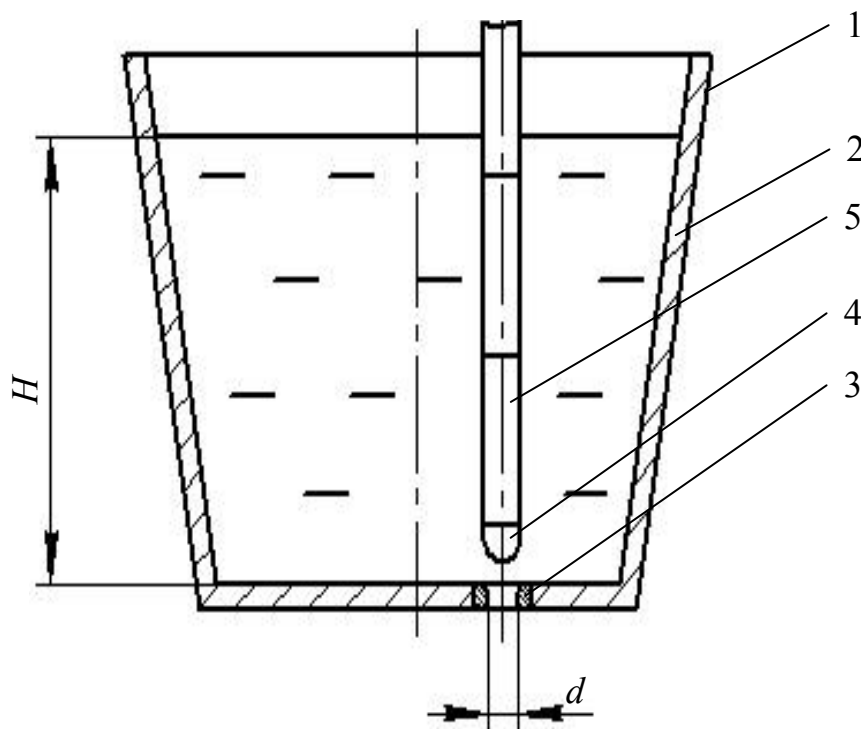


Рисунок 2.1 – Схема стопорного ковша

При истечении из ковша металл образует в воздухе свободную струю. Скорость истечения металла v через небольшое круглое отверстие в дне сосуда, как и любой жидкости, описывается уравнением Торричелли

$$v = \varphi \sqrt{2gH}, \quad (2.1)$$

где φ – коэффициент скорости;

g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

H – гидростатический напор.

Коэффициент скорости учитывает потери напора на трение о края отверстия. Независимо от природы жидкости он имеет величину около 0,97.

Расход металла при истечении, т. е. объем Q , $\text{м}^3/\text{с}$, вытекающего из отверстия металла в единицу времени, получается умножением скорости струи на фактическую площадь ее сечения

$$Q = f \mu \sqrt{2gH}, \quad (2.2)$$

где f – площадь отверстия стаканчика ковша, м^2 ;

μ – коэффициент расхода, равный произведению коэффициента скорости φ на коэффициент сжатия сечения струи α . Для различных жидкостей, в том числе для расплавленных металлов, коэффициент расхода равен 0,60...0,65.

Литейные формы заливают при постоянном расходе q (кг/с) металла в литниковой системе. Ее определяют следующим образом

$$q = \frac{Q_{\phi}}{\tau_3}, \quad (2.3)$$

где Q_{ϕ} – металлоемкость формы, кг ;

τ_3 – время заливки формы, с .

Чтобы достичь постоянного значения расхода металла из стопорного ковша используют торможение струи металла пробкой стопора, которое постепенно уменьшают по мере опорожнения ковша. Это приводит к тому, что изначально в ковш устанавливают стаканчик с отверстием большего размера, чем необходимо и при истечении металла из ковша отверстие частично перекрывают стопором. Остатки металла из ковша вытекают при полностью открытом стопоре.

Необходимый размер отверстия стопорного стаканчика d определяют из следующего выражения

$$f = \beta \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2.4)$$

где f – площадь отверстия стопорного стаканчика, м^2 ;

β – коэффициент торможения.

Значительное торможение струи металла стопором приводит к неустойчивому режиму движения струи. Практикой установлено, что при $\beta < 0,5$ металл вытекает из стаканчика в форме расширяющегося конуса и его введение в литейную воронку затруднено. Для получения компактной струи круглого сечения желательно, чтобы коэффициент торможения $\beta \geq 0,6$.

Для расчета необходимого диаметра стопорного стаканчика подставим выражение (2.4) в (2.2) и перемножим обе части выражение на плотность жидкого металла ρ для расчета удельного массового расхода Q_M (кг/с) металла при истечении из стопорного ковша

$$Q_M = \mu \cdot \sqrt{2gH} \cdot \beta \frac{\pi d^2}{4} \rho,$$

откуда

$$d = \sqrt{\frac{4Q_M}{\mu \cdot \sqrt{2gH} \cdot \beta \cdot \pi \cdot \rho}}. \quad (2.5)$$

Промышленность выпускает стопорные стаканчики с диаметром отверстия от 20 до 80 мм с шагом 5 мм.

2.2 Порядок выполнения работы

Исходными данными для расчета необходимого размера стопорного стаканчика ковша при заливке форм сталью является металлоемкость заливаемых форм и время их заливки. Варианты задания представлены в таблице 2.1.

На первом этапе выбирается емкость ковша и начальное значение металлостатического напора стали в ковше. Для этого необходимо рассчитать суммарную металлоемкость форм. Исходя из полученного значения выбираем емкость ковша и высоту уровня металла в нем из табл. 2.2.

С использованием выражения (2.3) рассчитывается удельная массовая скорость заливки форм с целью определения порядка заливки форм, определив который переходим к расчету необходимого диаметра стопорного стаканчика с использованием выражения (2.5).

После этого необходимо проверить условия заливки последней формы. Рассчитав значения коэффициента β сделать вывод о правильности выбранного размера стопорного стаканчика.

Таблица 2.1 – Исходные данные для расчетов

№ вар.	Исходные данные									
	Q_1 , кг	τ_1 , с	Q_2 , кг	τ_2 , с	Q_3 , кг	τ_3 , с	Q_4 , кг	τ_4 , с	Q_5 , кг	τ_5 , с
1	110	15	90	10	100	20	120	22	80	10
2	120	22	300	30	180	25	220	28	160	23
3	980	60	550	60	900	57	800	50	750	40
4	950	60	1 850	100	880	55	1 650	70	650	50
5	1 050	60	1 750	70	980	58	2 250	120	1 950	100
6	1 760	65	1 890	67	1 200	60	2 740	80	2 370	70
7	3 500	170	1 000	70	2 450	120	1 050	60	3 980	180
8	1 900	100	3 590	130	4 780	180	1 750	110	3 960	150
9	4 860	120	2 600	100	5 960	140	1 700	100	4 870	160
10	5 990	180	6 890	130	4 450	120	7 590	100	5 050	150
11	5 790	110	8 890	160	9 570	200	5 690	100	9 940	220
12	11 790	200	8 890	190	10 570	250	7 690	150	10 940	260
13	100	15	70	10	130	20	150	22	50	10
14	130	22	290	30	190	25	250	28	140	23
15	1 080	60	450	30	950	57	850	50	650	40
16	1 090	60	1 750	100	780	55	1 790	70	590	50
17	950	60	1 850	70	1 080	58	2 150	120	1 950	100

Таблица 2.2 – Емкость ковшей и высота уровня металла в них

Емкость ковша, кг	Высота уровня металла H , мм
500	650
1 000	850
4 000	1 200
6 000	1 300
8 000	1 450
10 000	1 550
12 000	1 600
16 000	1 800
20 000	1 850
30 000	2 100
40 000	2 300
50 000	2 500
70 000	2 800
90 000	3 000

2.3 Содержание отчета

В отчете должны быть указаны название и цель работы, приведены общие и краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. Согласно порядку выполнения работы необходимо выполнить все расчеты. Привести схему стопорного ковша и описать принцип его работы. Сделать вывод о характере истечения струи жидкого металла из стопорного ковша с учетом рассчитанных параметров стаканчика.

2.4 Контрольные вопросы

1. Способы заливки металла в формы.
2. Типы и устройство заливочных ковшей.
3. Расчет диаметра стопорного стаканчика.
4. Особенности заливки металла из стопорных ковшей.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3 РАСЧЕТ НАПОРА ДЛЯ РАЗНЫХ ТИПОВ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ

Цель работы: ознакомиться с основными принципами расчета скорости течения металла в литейной формы; изучить факторы влияющие на изменение скорости потока жидкого металла; научиться определять режим движения жидкого металла в форме.

3.1 Общие сведения

Режим (состояние потока) движения жидкого металла в каналах литейной формы характеризуется критерием Рейнольдса

$$Re = \frac{4wR_{\Gamma}}{\nu}, \quad (3.1)$$

где w – скорость потока металла, м/с;

R_{Γ} – гидравлический радиус канала, м;

ν – кинематическая вязкость жидкости, м²/с.

Тот или иной режим течения жидкости определяется нижним $Re_{кр.н.}$ и

верхним $Re_{кр.в.}$ критическими числами Рейнольдса. При $Re < Re_{кр.н.}$ возможен только ламинарный, а при $Re > Re_{кр.в.}$ только турбулентный режим (рис. 3.1).

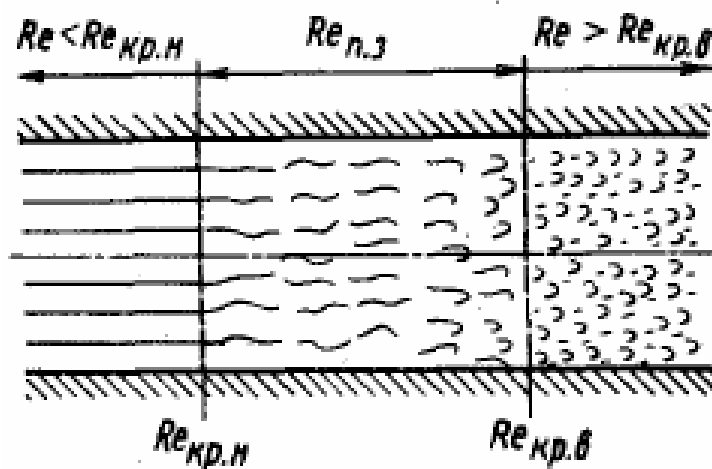


Рисунок 3.1 – Структура потока жидкости при переходе из ламинарного режима в турбулентный

В интервале между нижним и верхним критическими числами Рейнольдса, т. е. при $Re_{кр.н.} < Re_{п.з.} < Re_{кр.в.}$ расположена так называемая переходная зона, характеризующаяся числом Рейнольдса переходной зоны $Re_{п.з.}$, в которой возможно существование как ламинарного, так и турбулентного режимов.

При ламинарном движении (рис. 3.2, а) распределение скоростей по сечению канала имеет параболический характер, а потери напора пропорциональны скорости в первой степени. При турбулентном движении (рис. 3.2, б) закон распределения скоростей сложнее: в пределах большей части поперечного сечения канала скорости лишь незначительно меньше максимального значения (на оси), но зато вблизи стенок скорость резко падает. Гидравлические потери пропорциональны скорости в степени, большей единицы.

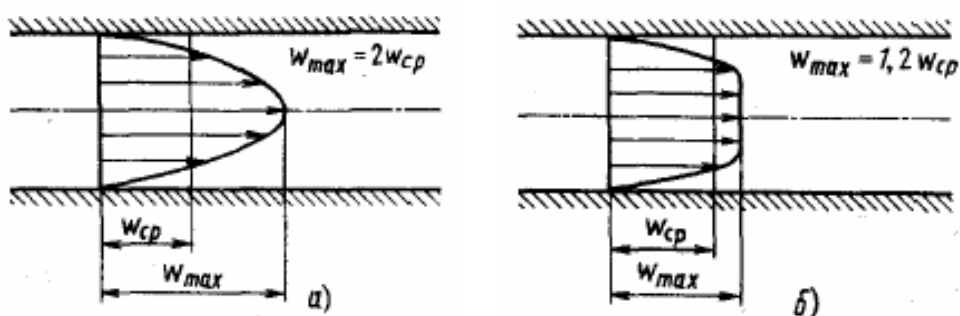


Рисунок 3.2 – Распределение скоростей при ламинарном (а) и турбулентном (б) движении жидкости в канале круглого сечения

Скорость металла в каналах литниковой системы w , м/с, определяется по формуле, аналогичной формуле (2.1)

$$w = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}, \quad (3.2)$$

где μ – коэффициент потерь скорости;

h – металлостатический напор, м.

Величину коэффициента μ рассчитывают по формуле

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \sum_{i=1}^n j_i}}, \quad (3.3)$$

где j_i – коэффициент местных потерь напора.

К местным потерям напора j_i в литниковой системе следует отнести следующие:

– $j_{\text{вх}}$ – коэффициент местных потерь напора из-за вхождения струи металла из широкой полости (литейная воронка или чаша) в узкий канал (стояк). Принимается равным $j_{\text{вх}} = 0,5$;

– $j_{\text{пов}}$ – коэффициент местных потерь, учитывающий потери напора на поворот в каналах литниковой системы. В зависимости от угла поворота значение $j_{\text{пов}}$ принимается из табл. 3.1.

Таблица 3.1 – Значения $j_{\text{пов}}$ в зависимости от угла поворота

Угол поворота, град	30	60	90	120
$j_{\text{пов}}$	0,20	0,55	1,1	1,4

– $j_{\text{изм}}$ – коэффициент местных потерь на изменение площади сечения канала литниковой системы. В зависимости от соотношения площадей меньшего и большего сечений значение $j_{\text{изм}}$ выбирается из табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Значения $j_{\text{изм}}$ в зависимости от соотношения площадей

Соотношение площадей	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$j_{\text{изм}}$	0,42	0,34	0,25	0,15	0

– $j_{\text{тр}}$ – коэффициент местных потерь на трение жидкого металла, рассчитывающийся в зависимости от длины канала l и диаметра $d_{\text{окр}}$ окружности, вписанной в поперечное сечение канала литниковой системы

$$j_{\text{тр}} = 0,04 \frac{l}{d_{\text{окр}}};$$

– j_{ϕ} – коэффициент местных потерь на преодоление сопротивления фильтрующей сетки. Принимается $j_{\phi} = 5$.

3.2 Порядок выполнения работы

Исходными данными для определения режима движения жидкого чугуна на выходе из питателя в полость литейной формы являются геометрические размеры каналов литниковой системы. Схема литниковой системы представлена на рис. 3.3. Варианты задания представлены в таблице 3.3.

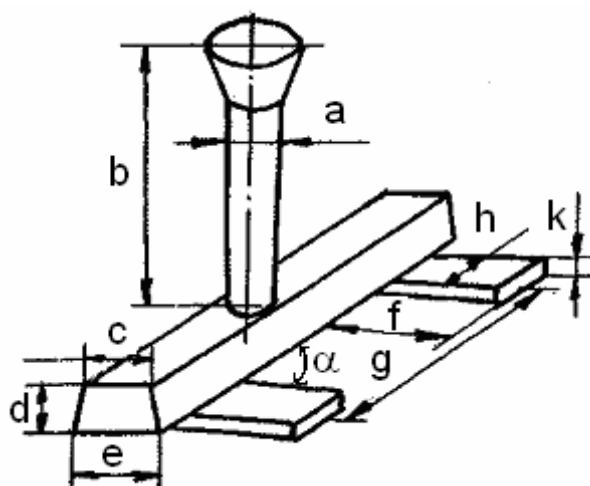


Рисунок 3.3 – Схема литниковой системы

Для выполнения расчетов принять плотность жидкого чугуна $\rho = 6800 \text{ кг/м}^3$, температуру заливки 1325°C и значение динамической вязкости чугуна при указанной температуре заливки $\eta = 1,9 \text{ мПа}\cdot\text{с}$.

Для определения скорости движения потока жидкого чугуна необходимо воспользоваться выражением (3.2). Исходя из начальных данных (табл. 3.3) рассчитать значения коэффициентов местных потерь напора.

Значение критерия Рейнольдса находится из выражения 3.1. Для расчета гидравлического радиуса питателя воспользоваться следующим выражением

$$R_{\Gamma} = \frac{S}{P}, \quad (3.4)$$

где S – площадь поперечного сечения питателя, м²;

P – периметр поперечного сечения питателя, м.

Значение кинематической вязкости жидкого чугуна рассчитывается следующим образом

Таблица 3.3 – Исходные данные для расчетов

№ вар.	Исходные данные									
	<i>a</i> , мм	<i>b</i> , мм	<i>c</i> , мм	<i>d</i> , мм	<i>e</i> , мм	<i>f</i> , мм	<i>g</i> , мм	<i>h</i> , мм	<i>k</i> , мм	α
1	40	400	28	30	32	40	400	22	12	30°
2	40	400	28	30	32	40	400	22	12	60°
3	40	400	28	30	32	40	400	22	12	90°
4	50	500	33	35	37	45	450	30	15	30°
5	50	500	33	35	37	45	450	30	15	60°
6	50	500	33	35	37	45	450	30	15	90°
7	25	250	22	25	28	30	250	20	8	30°
8	25	250	22	25	28	30	250	20	8	60°
9	25	250	22	25	28	30	250	20	8	90°
10	55	550	38	40	42	45	450	35	17	30°
11	55	550	38	40	42	45	450	35	17	60°
12	55	550	38	40	42	45	450	35	17	90°
13	60	550	42	45	48	50	500	35	17	30°
14	60	550	42	45	48	50	500	35	17	60°
15	60	550	42	45	48	50	500	35	17	90°
16	30	300	18	20	22	60	300	20	10	30°
17	30	300	18	20	22	60	300	20	10	60°

$$v = \frac{\eta}{\rho}. \quad (3.5)$$

Рассчитав значение критерия Рейнольдса сделать вывод о режиме движения жидкого чугуна на выходе из питателя в полость литейной формы.

3.3 Содержание отчета

В отчете должны быть указаны название и цель работы, приведены общие и краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. Согласно порядку выполнения работы необходимо выполнить все расчеты. Сделать вывод о режиме движения жидкого металла в литейной форме с учетом рассчитанного значения критерия Рейнольдса.

3.4 Контрольные вопросы

1. Конструкция литниковых систем.
2. Режимы движения жидкого металла в каналах литниковой системы.
3. Ламинарный режим движения жидкого металла.
4. Турбулентный режим движения жидкого металла.
5. Коэффициенты местных потерь напора металла.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4 КИНЕТИКА ФИЛЬТРАЦИИ МЕТАЛЛА СЕТЧАТЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Цель работы: ознакомиться с основными типами сетчатых фильтров, их конфигурацией и принципом использования в литниковых системах, научиться определять минимально необходимый металлоостатический напор для фильтрации расплава через сетчатые фильтры.

4.1 Общие сведения

Фильтрация жидкого металла все чаще используют на литейных заводах. Применение данной технологии дает целый ряд преимуществ. С одной стороны, фильтрация помогает получать отливки более высокого качества и снижать процент брака при их производстве, с другой стороны эта технология позволяет более рационально использовать жидкий металл, снижая издержки на финишную обработку отливок (оснастка, рабочая сила, трудоемкость).

В литейных цехах для отделения и задержания неметаллических частиц широко используют фильтрацию расплава до или в процессе его заливки в форму с помощью сетчатых (двухмерных), зернистых или пенокерамических (объемных) фильтров.

В основе работы сетчатых фильтров лежит механическое отделение макроскопически крупных включений. Сетчатые фильтры, если не считать возможной деформации плен, задерживают те включения, размер которых больше размера ячейки сетки. Поэтому чем меньше размер ячейки, тем полнее очистка. Выбор минимального размера ячейки, а значит, и полнота отделения крупных неметаллических включений и плен определяются величиной поверхностного натяжения расплава, т.е. возможностью прохождения его через ячейки этого размера под действием силы тяжести или под

действием сравнительно небольшого металлостатического давления (слой металла в 50...100 мм над фильтром). В практических условиях фильтрования алюминиевые расплавы под действием силы тяжести не проходят через стеклоткань с размером ячейки менее 0,5х0,5 мм.

Для очистки чаще всего используют фильтры марок ССФ1, ССФ2, ССФ3 и ССФ4 с размером ячейки от 0,6х0,6 до 1,7х1,7 мм из бесщелочного алюмоборсиликатного стекла. Фиксирование размеров ячеек достигается канвовым переплетением нитей и обработкой их поверхностно-активными веществами, устойчивыми при температуре фильтрования.

Выбор размера ячейки сетки определяется в зависимости от ее механической прочности и необходимого металлостатического напора для преодоления капиллярного противодействия (рис. 4.1), возникающее вследствие несмачивания металлом материала сетки.

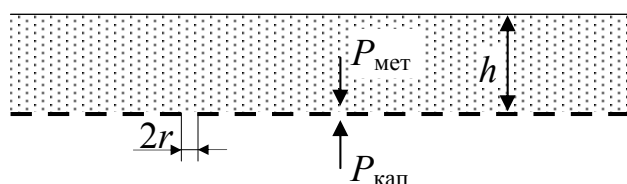


Рисунок 4.1 – Схема к расчету размеров отверстия ячейки сетки

Для обеспечения фильтрации необходимо, чтобы давление жидкого металла на сетку $P_{мет}$ превышало значение капиллярных сил $P_{кап}$, противодействующих протеканию металла через сетку фильтра, то есть

$$\rho g h \geq \frac{2\sigma_{ж-ф}}{r} \cdot \cos\theta \quad (4.1)$$

где ρ – плотность металла, кг/м³;

h – металлостатический напор, м;

$\sigma_{ж-ф}$ – поверхностное натяжение расплава на границе раздела жидкий металл-фильтр, Н/м;

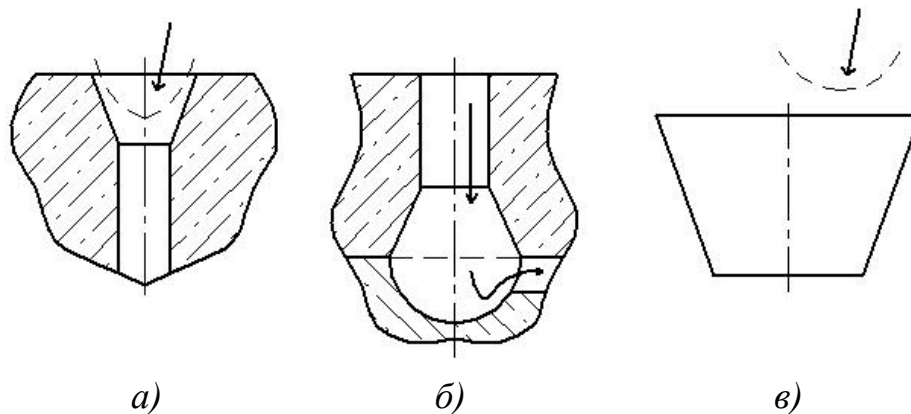
r – половина размера отверстия сетки, м;

θ – краевой угол смачивания расплавом сетки.

Таким образом, минимально необходимый металлостатический напор составляет

$$h = - \frac{2\sigma_{ж-ф}}{r \cdot \rho \cdot g} \cdot \cos\theta, \quad (4.2)$$

Сетчатые фильтры устанавливают в литниковой воронке, под стойкой по разьему формы, или используют при заполнении ковша (рис. 4.2).



а – в литниковой воронке; б – под стояком; в – перед ковшом
Рисунок 4.2 – Примеры установки сетчатых фильтров

Достоинство сетчатых фильтров - простота конструкции, возможность установки их на любых участках перелива металла раздаточного ковша в литейную форму, небольшие затраты при изготовлении и использовании.

4.2 Порядок выполнения работы

Для определения минимально необходимого металлостатического напора для фильтрации алюминия через сетчатый фильтр необходимо воспользоваться выражением (4.2). Исходными данными для расчета являются значения температуры T жидкого алюминия перед заливкой и размер ячейки фильтра (табл. 4.1).

Для расчета значения минимально необходимого металлостатического напора необходимо рассчитать значения плотности расплава ρ при температуре заливки и значение поверхностного натяжения $\sigma_{ж-ф}$ на поверхности раздела жидкий металл – фильтр.

Для расчета значения поверхностного натяжения воспользуемся выражением

$$\sigma_{ж-ф}^T = \sigma_{ж-ф}^{T_{пл}} - \frac{d\sigma}{dT}(T - T_{пл}), \quad (4.3)$$

где $\sigma_{ж-ф}^T$ – поверхностное натяжение расплава при температуре T , Н/м;

$\sigma_{ж-ф}^{T_{пл}}$ – поверхностное натяжение расплава при температуре плавления, $\sigma_{ж-ф}^{T_{пл}} = 914$ мН/м;

$\frac{d\sigma}{dT}$ – изменение значения поверхностного натяжения расплава с рос-

ростом температуры, $\frac{d\sigma}{dT} = 0,135 \text{ мН}/(\text{м}\cdot\text{К})$;

$T_{\text{пл}}$ – температура плавления алюминия, $T_{\text{пл}} = 660 \text{ }^\circ\text{C}$.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчетов

№ вар.	Исходные данные	
	Температура расплава T , $^\circ\text{C}$	Размер отверстия ячейки фильтра, мм
1	700	$0,6 \times 0,6$
2	700	$1,3 \times 1,3$
3	700	$1,7 \times 1,7$
4	800	$0,6 \times 0,6$
5	800	1×1
6	800	$1,3 \times 1,3$
7	800	$1,7 \times 1,7$
8	900	$0,6 \times 0,6$
9	900	1×1
10	900	$1,3 \times 1,3$
11	900	$1,7 \times 1,7$
12	1000	$0,6 \times 0,6$
13	1000	1×1
14	1000	$1,3 \times 1,3$
15	1000	$1,7 \times 1,7$
16	1100	$0,6 \times 0,6$
17	1100	1×1

На следующем этапе производится расчет значения плотности жидкого расплава при температуре T . При выполнении расчетов принять значение температурного коэффициента расширения $\epsilon_p = 120 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

Рассчитав все необходимые значения найти необходимый металлостатический напор для фильтрации алюминия через сетчатый фильтр с использованием выражения (4.2).

4.3 Содержание отчета

В отчете должны быть указаны название и цель работы, приведены общие и краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. Согласно порядку выполнения работы необходимо выполнить все расчеты. Построить графические зависимости $h = f(T)$ для одного размера ячейки сетки и $h = f(r)$ для одной температуры. Сделать вывод о характере изме-

нения значения металлостатического напора h в зависимости от изменения температуры и размера ячейки сетки.

4.4 Контрольные вопросы

1. Принципы фильтрования расплавов.
2. Область применения фильтровальных сеток.
3. Типы материалов для фильтровальных сеток.
4. Места установки фильтров в литниковых системах.
5. Принцип расчета металлостатического напора необходимого для фильтрации расплава через сетку.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5 КИНЕТИКА ФИЛЬТРАЦИИ МЕТАЛЛА ЗЕРНИСТЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Цель работы: ознакомиться с основными типами зернистых фильтров, их конфигурацией и принципом использования в литниковых системах, научиться определять время фильтрации расплавленного металла через зернистый фильтр.

5.1 Общие сведения

Простейший зернистый фильтр представляет собой слой однородных зерен фильтрующего материала определенной толщины. Такие фильтры из-за трудоемкости подготовки зерен применяют сравнительно редко. Как правило, фильтры изготавливают из зерен разного размера; иногда же используют многослойные фильтры.

Зерна фильтра должны иметь достаточную огнеупорность, быть химически инертными и не растворяться в компонентах сплава. Наиболее часто их изготавливают из следующих материалов:

- корунд (Al_2O_3);
- магнезит (MgO);
- графит (C);
- сплав фторидов ($CaF_2 + MgF_2$);
- алюмофтористый натрий (Na_3AlF_6).

Отличительные особенности зернистых фильтров – большая поверх-

ность контакта с металлом в процессе фильтрования и наличие длинных, тонких межзеренных каналов переменного сечения. Металл в таких каналах перемещается под действием силы тяжести или избыточного металлостатического давления с переменной скоростью. Очистка металлических расплавов от взвешенных включений при фильтровании через зернистые фильтры обусловлена в основном механическими и адгезионными процессами.

Возможности механического отделения включений в значительной мере определяются сеточным эффектом, гидродинамическими и капиллярными явлениями.

Сущность сеточного эффекта состоит в том, что включения, размер которых больше диаметра межзеренных каналов, задерживается зернистым фильтром как сеткой. Поскольку зерна фильтра имеют разные размеры, то, соответственно, и каналы имеют переменное сечение. По этой причине используется понятие эффективного радиуса межзернового канала $R_{эф}$, величина которого зависит от размеров зерен, соотношение количества зерен разного размера, плотности их укладки. Для технических расчетов считают, что

$$R_{эф} = 0,31r_{з.ср.}, \text{ а } r_{з.ср.} = \frac{1}{2}(r_{з.макс} - r_{з.мин}),$$

где $r_{з.ср.}$, $r_{з.макс.}$, $r_{з.мин.}$ — соответственно средний, максимальный и минимальный размеры зерна фильтра.

Таким образом, задерживаются частицы с размером $r_{ч}$, превышающий эффективный радиус каналов, то есть $r_{ч} > R_{эф}$. Следует отметить, что задержание частиц происходит за счет сетчатого эффекта по всему объему фильтра, а не только на его поверхности. Более мелкие частицы проникают внутрь фильтра, где и задерживаются в межзерновых каналах меньших размеров. Эффективность этого процесса зависит, в значительной степени, от скорости движения металла и режима движения, который может быть ламинарным, турбулентным или переходным. Удельный объемный расход металла при ламинарном $q_{л}^0$ или турбулентном $q_{т}^0$ ($\text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$) режимах движения может быть рассчитана по следующим формулам

$$q_{л}^0 = K_{л} \cdot i \text{ и } q_{т}^0 = K_{т} \cdot \sqrt{i},$$

где $K_{л}$ — коэффициент фильтрации при ламинарном режиме движения металла, $K_{л} = (0,1 \dots 1,0)$ ($\text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$);

$K_{т}$ — коэффициент фильтрации при турбулентном режиме движения металла, $(5 \dots 6)$ ($\text{см}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$);

i — гидравлический уклон при фильтровании, определяющий падение металлостатического давления по высоте или длине фильтра.

Величину гидравлического уклона рассчитывают в зависимости от схемы фильтрации, величины эффективного металлостатического напора и линейного размера фильтра так, как это показано на рис. 5.1.

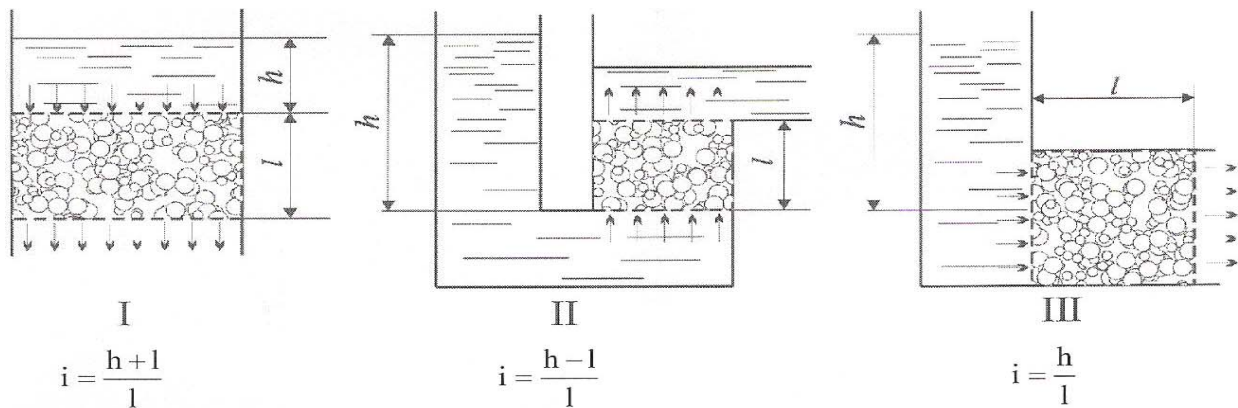


Рисунок 5.1 – Схемы фильтрации зернистыми фильтрами

Согласно данным различных исследователей, в межзеренных каналах фильтра одновременно сосуществуют ламинарный и турбулентный режимы движения жидкого металла, то есть имеет место быть переходной режим движения. Величину удельного расхода металла q_{Π}^0 для такого режима движения можно определить по формуле Л.А. Тепакса

$$q_{\Pi}^0 = \frac{\frac{m^3}{(1-m)^2} \cdot g \cdot d_3^2 \cdot i}{4 \cdot \nu \cdot (A - 15\sqrt{B}) + \sqrt{2 \cdot B \left(\frac{m}{1-m} \right)^3 \cdot g \cdot d_3^3 \cdot i}} \frac{\text{см}^3}{\text{см}^2 \cdot \text{с}}, \quad (5.1)$$

где m – пористость фильтра, $m = 0,25 \dots 0,40$;

d_3 – диаметр зерна фильтра, см;

ν – кинематическая вязкость сплава, $\text{см}^2/\text{с}$;

A и B – коэффициенты, зависящие от формы зерен фильтра;

i – гидравлический уклон.

Значение A и B составляют:

– круглые (К) зерна – $A = 50$; $B = 0,85$;

– полукруглые (ПК) зерна – $A = 75$; $B = 1,05$;

– остроугольные (ОУ) зерна – $A = 105$; $B = 1,30$.

Общая масса Q , г, профильтрованного металла рассчитывается следующим образом

$$Q = q^0 \cdot f_{\Phi} \cdot \tau_{\Phi} \cdot \rho, \quad (5.2)$$

где f_{Φ} – площадь поперечного сечения фильтра, см^2 ;

τ_{ϕ} – время фильтрации, с;

ρ – плотность расплава, г/см³.

Анализ процессов механического отделения крупных включений и плен показывает, что для достижения наибольшей эффективности очистки необходимо:

- применять мелкозернистые фильтры, обеспечивающие при постоянной плотности укладки зерен наиболее высокие значения отношения радиуса неметаллической частицы $r_{\text{ч}}$ к $R_{\text{эф}}$;
- использовать фильтры максимально возможной толщины;
- применять для изготовления фильтров материалы, хорошо смачиваемые расплавом ($\theta < 90^\circ$);
- осуществлять фильтрование с минимальной скоростью, обеспечивающей ламинарное течение металла по каналам фильтра при необходимом его расходе.

5.2 Порядок выполнения работы

Исходными данными для расчета времени фильтрации жидкого алюминия через зернистый фильтр являются масса расплава Q , температура заливки T , схема по которой происходит фильтрация, значение металлостатического напора h , значение пористости фильтра m , его диаметр d и толщина l , а также форма его зерен (табл. 5.1).

Продолжительность фильтрации τ_{ϕ} определяется из выражения (5.2)

$$\tau_{\phi} = \frac{Q}{q^0 \cdot f \cdot \rho}.$$

Для расчета значения q^0 необходимо определить режим движения металла в фильтре. Для этого можно воспользоваться выражением (3.1) для расчета числа Рейнольдса.

Скорость металла в межзерновых каналах определим по уравнению (3.2). Значение коэффициента местных потерь напора μ рассчитаем по уравнению (3.3), приняв значение коэффициента местных потерь на преодоление сопротивления зернистого фильтра согласно практическими рекомендациями $j_{\phi} = 10$. Значение кинематической вязкости жидкого алюминия составляет $\eta = 1,2$ мПа·с (температурной зависимостью кинематической вязкости пренебруем). Плотность расплава при температуре T рассчитать с использованием рекомендаций представленных в пункте 4.2.

Определив режим движения расплава в межзерновых каналах воспользоваться исходными данными и рассчитать значение q^0 с использованием выражения (5.1).

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчетов

№ вар.	Q , кг	T , °C	Форма зерен	Диаметр зерен, мм	Схема фильтрации	h , мм	m	d , мм	l , мм
1	60	750	ПК	7	I	200	0,25	50	50
2	65	750	ПК	7	II	200	0,25	50	50
3	70	750	ПК	7	III	200	0,26	55	55
4	75	800	К	8	I	190	0,26	55	55
5	80	800	К	8	II	190	0,27	60	60
6	85	800	К	8	III	190	0,27	60	60
7	90	850	ОУ	9	I	180	0,28	65	65
8	95	850	ОУ	9	II	180	0,28	65	65
9	105	850	ОУ	9	III	180	0,29	70	70
10	110	900	ПК	10	I	170	0,29	70	70
11	115	900	ПК	10	II	170	0,30	75	75
12	120	900	ПК	10	III	170	0,30	75	75
13	125	950	К	11	I	160	0,31	80	80
14	130	950	К	11	II	160	0,31	80	80
15	135	950	К	11	III	160	0,32	85	85
16	140	1000	ОУ	12	I	150	0,32	85	85
17	145	1000	ОУ	12	II	150	0,33	90	90

5.3 Содержание отчета

В отчете должны быть указаны название и цель работы, приведены общие и краткие теоретические сведения и порядок выполнения работы. Согласно порядку выполнения работы необходимо выполнить все расчеты. Сделать вывод о характере фильтрации жидкого алюминия через зернистые фильтры различных размеров и при разных температурах.

5.4 Контрольные вопросы

1. Характеристика зернистых фильтров и область их применения.
2. Принцип действия зернистых фильтров.
3. Эффективный радиус межзеренного канала.
4. Расчет удельного объемного расхода металла при фильтрации через зернистые фильтры.
5. Гидравлический уклон и схемы фильтрации.
6. Расчет продолжительности фильтрации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6

ДИНАМИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ И СИЛА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА ПРИ ЗАВЕРШЕНИИ ЗАЛИВКИ

Цель работы: изучить влияние динамического давления и гидравлического удара на качество будущих отливок; научиться рассчитывать важные гидродинамические величины для обеспечения нормального хода процесса заливки при получении литья.

6.1 Общие сведения

Струя металла вытекает из ковша или питателей со скоростью W , имеет определенную кинетическую энергию и создает динамическое давление на поверхность формы. Для нахождения мощности струи металла воспользуемся известным уравнением кинетической энергии E_k

$$E_k = \frac{m \cdot w^2}{2},$$

где m – масса тела, кг;

w – скорость движения струи металла, м/с.

Для определения мощности струи N , Вт, отнесем энергию к единице времени

$$N = \frac{m \cdot w^2}{2 \cdot \tau}. \quad (6.1)$$

Так как $m/\tau = q^M$, кг/с, то есть это удельный массовый расход металла, который при площади сечения струи f составляет $q^M = f \cdot \rho \cdot w$, тогда

$$N = \frac{q^M \cdot w^2}{2} = \frac{1}{2} f \cdot \rho \cdot w^3. \quad (6.2)$$

Таким образом, мощность струи металла пропорциональна кубу скорости его движения. Для расчета силы удара F , Н, струи на поверхность формы воспользуемся известным из теории реактивного движения уравнением равенства количества движения импульсу силы, то есть

$$m \cdot w = F \cdot \tau,$$

откуда

$$F = \frac{m}{\tau} \cdot \tau = q^M \cdot w.$$

Подставим сюда выражение для q^M и получим

$$F = f \cdot \rho \cdot w^2. \quad (6.3)$$

Как видим, сила удара струи в стенку формы прямо пропорциональна квадрату его скорости. Разделим обе части уравнения (6.3) на площадь струи f и получим выражение для расчета кинетического давления струи P_K , Па, на стенки формы

$$P_K = \frac{F}{f} = \rho \cdot w^2. \quad (6.4)$$

Под действием динамического давления возможна как деформация стенок формы, так и гидродинамический отрыв частиц смеси. Деформация имеет место, если P_K превысит предел прочности смеси при сжатии.

Отрыв частиц – эрозия формы – приводит к образованию в отливках песчаных раковин. В качестве меры эрозионной устойчивости формы можно использовать безразмерный параметр Π

$$\Pi = \frac{2\sigma_p}{P_K} = \frac{2\sigma_p}{\rho \cdot w^2}, \quad (6.5)$$

где σ_p – прочность смеси на разрыв, МПа;

ρ – плотность смеси, кг/м³.

Для получения качественной поверхности отливки необходимо, чтобы $\Pi \geq 1$. Следует отметить, что с повышением температуры смеси снижается и возможность эрозии формы растет.

Для уменьшения деформации формы и вероятности отрыва частиц струя металла следует направлять под острым углом к поверхности формы.

В момент завершения заполнения полости формы жидкий металл поднимается в полости с определенной скоростью $W_{п}$, ударяет в верхнюю полуформу с определенной силой $F_{гид}$. Это явление называют гидравлическим ударом, и оно проявляется в резком повышении давления металла в верхних слоях формы на величину Δh_{max} по сравнению с статическим давлением $h_{ст}$ и последующим снижением давления на величину Δh_{min} . Процесс повторяется несколько раз в затухающем режиме (рис. 6.1).

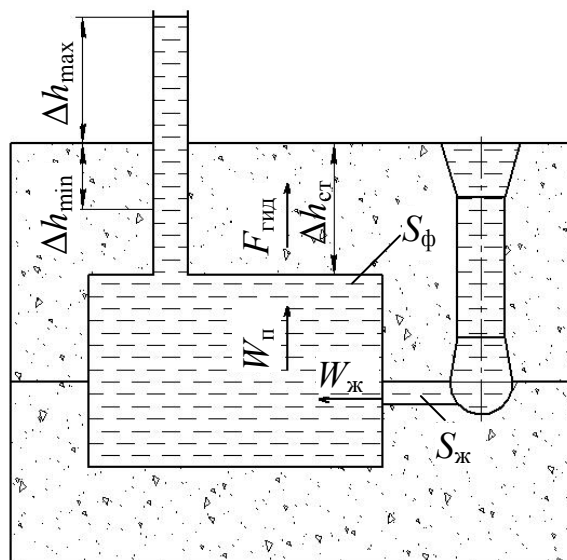


Рисунок 6.1 – Гидравлический удар в форме

Силу удара $F_{\text{гид}}$ можно рассчитать умножив кинетическое давление металла на соответствующую площадь формы $S_{\text{ф}}$

$$F_{\text{гид}} = \rho \cdot W_{\text{п}}^2 \cdot S_{\text{ф}}. \quad (6.6)$$

Скорость подъема металла в форме $W_{\text{п}}$ следует рассчитывать для момента завершения заливки на основе уравнения неразрывности потока

$$W_{\text{п}} \cdot S_{\text{ф}} = W_{\text{ж}} \cdot S_{\text{ж}}, \quad (6.7)$$

где $W_{\text{ж}}$ – скорость металла в питателях в момент завершения заливки, м/с.

Гидравлический удар негативно влияет на процессы формирования отливок:

- увеличивается механический пригар;
- возможно повышение верхней полуформы;
- деформируется полость формы;
- увеличивается растворимость газов;
- в момент снижения давления происходит подсос газов из пор смеси и образования в отливке газовых раковин;
- возрастает опасность образования ужимин .

Для снижения величины гидроудара и его негативного воздействия используют следующие меры :

- установление выпоров и прибылей;
- обеспечение оптимальной (а не повышенной) скорости подъема металла в форме;

- снижение площади верхних горизонтальных поверхностей формы выбором положения отливки в форме;
- заливка форм с развитыми горизонтальными поверхностями (типа плит) в наклонном положении.

6.2 Порядок выполнения работы

Литейная форма, схема которой показана на рис. 6.2, заполняется расплавом. Размеры формы, отливки, литниковой системы и стержня, а также тип заливаемого сплава указаны в табл. 6.1.

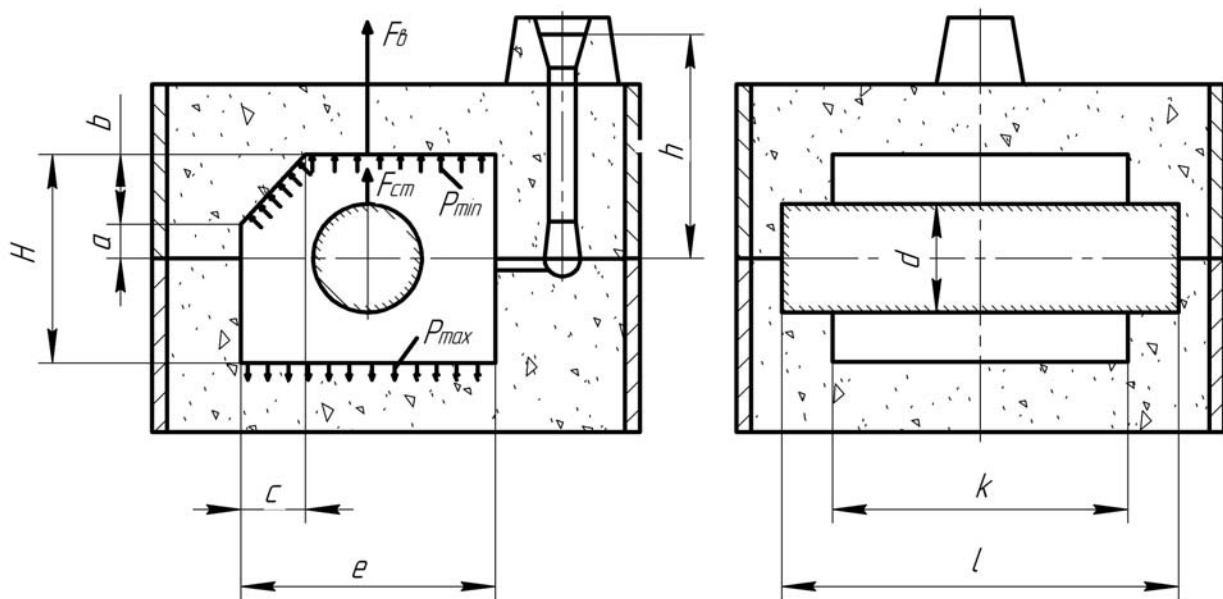


Рисунок 6.2 – Схема литейной формы

Необходимо определить:

1. Максимальное P_{\max} и минимальное P_{\min} давление жидкого металла на стенки формы.

Под действием сил притяжения в жидком металле, залитом в форму, существует металлостатическое давление P_M , Па, величина которого составляет

$$P_M = \rho gh, \quad (6.8)$$

где ρ – плотность металла, кг/м³;
 g – ускорение свободного падения, м/с²;
 h – металлостатический напор, м.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчетов

№ вар.	Тип сплава	h	H	a	b	c	d	e	k	l
		м								
1	Сталь	0,25	0,30	0,35	0,80	0,95	0,15	0,38	0,45	0,55
2	Сталь	0,30	0,30	0,35	0,85	0,90	0,17	0,40	0,48	0,60
3	Чугун	0,35	0,30	0,40	0,90	0,85	0,20	0,42	0,5	0,65
4	Чугун	0,40	0,35	0,40	0,95	0,80	0,22	0,45	0,52	0,55
5	Бронза	0,25	0,35	0,45	0,80	0,75	0,15	0,48	0,55	0,60
6	Бронза	0,30	0,35	0,45	0,85	0,95	0,17	0,50	0,58	0,65
7	Сталь	0,35	0,30	0,50	0,90	0,90	0,20	0,55	0,60	0,55
8	Сталь	0,40	0,30	0,50	0,95	0,85	0,22	0,38	0,45	0,60
9	Чугун	0,25	0,30	0,35	0,80	0,80	0,15	0,40	0,48	0,65
10	Чугун	0,30	0,35	0,35	0,85	0,75	0,17	0,42	0,5	0,55
11	Бронза	0,35	0,35	0,40	0,90	0,95	0,20	0,45	0,52	0,60
12	Бронза	0,40	0,35	0,40	0,95	0,90	0,22	0,48	0,55	0,65
13	Сталь	0,25	0,30	0,45	0,80	0,85	0,15	0,50	0,58	0,55
14	Сталь	0,30	0,30	0,45	0,85	0,80	0,17	0,55	0,60	0,60
15	Чугун	0,35	0,30	0,50	0,90	0,75	0,20	0,38	0,45	0,65
16	Чугун	0,40	0,35	0,50	0,95	0,95	0,22	0,40	0,48	0,55
17	Бронза	0,25	0,35	0,35	0,80	0,90	0,15	0,42	0,5	0,60

2. Вертикальную силу давления F_B расплава на верхнюю полуформу.

Под действием сил давления в литейной форме при заливке жидкого металла возможна деформация стенок формы при недостаточном уплотнении формовочной смеси и образования таких дефектов отливок как распор, подутисть. Вертикальная сила давления на верхнюю полуформу F_B может также вызвать поднятие этой полуформы и вытекания металла по плоскости разъема. Величина F_B рассчитывается следующим образом

$$F_B = \rho g h_1 S, \quad (6.9)$$

где $h_1 S$ – объем так называемого тела давления. Тело давления ограничено снизу поверхностью отливки, сверху – горизонтальной плоскостью, совпадает с уровнем металла в литниковой чаше или воронке, а сбоку – вертикальной плоскостью, проходящей по периметру отливки.

3. Подъемную силу, действующую на стержень.

Если стержень в литейной форме омывается жидким металлом, то в соответствии с законом Архимеда на него действует выталкивающая (архимедова) сила F_A , величина которой составляет

$$F_A = \rho_{\text{см}} g V_{\text{ст}}, \quad (6.10)$$

где $\rho_{\text{см}}$ – плотность стержневой смеси, $\rho_{\text{см}} = 1700 \text{ кг/м}^3$;

$V_{\text{ст}}$ – часть объема стержня, на которую действует архимедова сила, м^3 .

Разница между архимедовой силой F_A и весом стержня $G_{\text{ст}}$ составляет подъемную силу, действующую на стержень $F_{\text{ст}}$.

Подъемная сила на стержень через его знаковые части (или жеребейки) передается на верхнюю полуформу и способствует ее поднятию.

Следует подчеркнуть, что выталкивающая сила на стержень создается в том случае, когда жидкий металл омывает стержень снизу и создает давление, векторы сил которого направлены вверх.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ливарна гідравліка : навчальний посібник / В. М. Дробязко, А. М. Фесенко, Р. В. Лютий, М. А. Фесенко. – Київ–Краматорськ : ДДМА, 2009. – 84 с.
2. **Чуркин, Б. С.** Теория литейных процессов : учеб. / Б. С. Чуркин ; под ред. Э. Б. Гофмана /– Екатеринбург : РГППУ, 2006. – 454 с.
3. Теория заполнения форм расплавом / В. В. Чистяков, А. Г. Малов, В. А. Честных, А. А. Шатульский. – М. : Машиностроение, 1995. – 162 с.
4. **Галдин, М. Н.** Литниковые системы и прибыли для фасонных отливок / М. Н. Галдин, В. В. Чистяков, А. А. Шатульский. – М. : Машиностроение, 1992. – 252 с.
5. Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых расплавов / А. В. Курдюмов, С. В. Инкин, В. С. Чулков, Н. И. Графас. – М. : Metallurgiya, 1980. – 196 с.
6. **Рабинович, Б. В.** Введение в литейную гидравлику / Б. В. Рабинович. – М. : Машиностроение, 1966. – 424 с.
7. **Старк, С. Б.** Основы гидравлики, насосы и воздухоудные машины / С. Б. Старк. – М. : Metallurgiya, 1981. – 458 с.
8. **Баландин, Г. Ф.** Теория формирования отливки / Г. Ф. Баландин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. – 360 с.
9. **Курдюмов, А. В.** Флюсовая обработка и фильтрование алюминиевых сплавов / А. В. Курдюмов, С. В. Инкин. – М. : Metallurgiya, 1980. – 196 с.
10. Специальные способы литья: справочник / В. А. Ефимов [и др.] ; под общ. ред. В. А. Ефимова. – М. : Машиностроение, 1991. – 436 с.

Навчальне видання

Ливарна гідравліка

Методичні вказівки

до лабораторних робіт

**для студентів напряму підготовки 6.050402 «Ливарне виробництво»
денної форми навчання**

(Російською мовою)

Укладач АБДУЛОВ Олександр Радікович

За авторським редагуванням

Комп'ютерне верстання О. С. Орда

10/2012. Формат 60 x 84/16. Ум. друк. арк. .
Обл.-вид. арк. . Тираж пр. Зам. №

Видавець і виготівник

Донбаська державна машинобудівна академія
84313, м. Краматорськ, вул. Шкадінова, 72.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК №1633 від 24.12.2003